



**LUÍS FILIPE MENDONÇA DA CUNHA SANTOS**

**DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DE  
APOIO A AUDITORIAS ENERGÉTICAS  
NO ÂMBITO DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE ENERGIA (ESE)**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Energias  
Renováveis – Conversão Elétrica e Utilização Sustentáveis,  
pela Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Orientador: Doutor João Murta Pina  
Coorientador: Engenheira Ana Catarina Gonçalves

Júri:

Presidente: Doutor Tiago Machado de Figueiredo Cardoso

Vogais: Doutor João Miguel Murta Pina

Doutora Anabela Monteiro Gonçalves Pronto



**FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA**  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Março de 2014**

# **DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA DE APOIO A AUDITORIAS ENERGÉTICAS NO ÂMBITO DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE ENERGIA**

Copyright em nome de Luís Filipe Mendonça da Cunha Santos, da FCT/UNL e da UNL.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito perpétuo e sem limites geográficos de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

## **Agradecimentos**

Em primeiro agradeço ao meu orientador, Professor Doutor João Murta Pina, por ter aceite a orientação da minha dissertação tendo em conta todo o trabalho que já continha e por toda a disponibilidade e apoio oferecidos ao longo do Mestrado e da minha dissertação.

Agradeço igualmente à minha coorientadora, Engenheira Ana Catarina Gonçalves, por me ter aceite como orientando na MANVIA S.A., prestando todo o apoio e conhecimento na área da minha dissertação, ainda ter fornecido todos os dados necessários para a realização da mesma e por toda a paciência que teve para comigo.

Agradeço também ao Engenheiro Pedro Dias e Engenheiro João Matos, pela disponibilidade, paciência e apoio que me prestaram durante os meses que permaneci na MANVIA S.A.

Agradeço à minha namorada todo o apoio, companheirismo, dedicação e todo o amor demonstrado ao longo deste período, onde nunca me deixou baixar os braços.

Agradeço ao meu pai pelo apoio e muita paciência ao longo do meu mestrado e por todo o investimento feito na minha formação. Agradeço ainda à minha mãe, que não se encontra entre nós, por me ter apoiado e ajudado a escolher o Mestrado de Energias Renováveis. Agradeço a ambos terem acreditado em mim, apostarem na minha formação e por serem sempre o meu exemplo.

Agradeço à minha irmã e sobrinho a paciência nos dias menos bons e pelo apoio dado.

Agradeço ainda aos meus amigos Anabela, Ângela e Carlos pela amizade.

Agradeço a todos os meus colegas e amigos por todos os bons momentos tanto dentro como fora da FCT-UNL e por todos juntos sermos um exemplo de união, principalmente nas horas passadas no Edifício Departamental a estudar para os exames e a realizar trabalhos.

Agradeço, por fim, a todos as pessoas e amigos fora do meio Universitário pelo carinho e preocupação no decorrer do meu Mestrado.



## **Resumo**

Em plena crise financeira Mundial, a eficiência energética e a utilização racional da energia ganham cada vez maior significado, potenciando modelos de negócio como o preconizado pelas Empresas de Serviços de Energia (ESE). Estas identificam e fornecem soluções energeticamente mais eficientes que as detidas por clientes, sendo remuneradas de acordo com as poupanças energéticas conseguidas ao longo do período de contrato, que pode variar entre seis e vinte anos.

Em Portugal o programa ECO.AP (Programa de eficiência energética na administração pública) encontra-se em fase inicial. Lançado através da Resolução de Conselho de Ministros n.º 2/2011, tem como objetivo alcançar uma redução energética na ordem dos 30% até 2020, nos organismos e serviços da Administração Pública.

Nesta dissertação é desenvolvida uma ferramenta de apoio a auditorias energéticas para utilização, quer no âmbito do programa ECO.AP, quer num plano de racionalização energético.

Para demonstração de todas as funcionalidades da ferramenta estudada, foi feita uma aplicação a um caso real, recorrendo ao programa ECO.AP e tendo como modelo o protocolo internacional de medição e verificação de desempenho, embora tenha sido aplicado no setor privado. É necessário ter em conta que neste sector é dada maior atenção à redução da fatura energética. Mesmo assim, e tendo em conta que anteriormente já tinham sido aplicadas outras medidas de eficiência energética, foi obtido para o edifício em estudo, uma poupança garantida de 13%, não considerando todavia a liberalização do mercado da eletricidade. Foi ainda garantido também um período de retorno do investimento de treze anos e onze meses.

*Palavras-Chave:* ESE; Empresas de Serviços de Energia; ESCO; ECO.AP; Programa ECO.AP; IPMVP



## **Abstract**

In deep World financial crisis, energy efficiency and the rational use of energy gain increasing significance, enhancing business models as recommended by Energy Service Companies (ESCOs). These identify and provide solutions more energy efficient than those held by customers and is paid according to the energy savings achieved throughout the contract period, which can vary between six to twenty years.

In Portugal, is ECO-AP program initial phase is starting, launched by Ministers Council Resolution no.º 2/2011, aiming to achieve energy reduction by around 30% by 2020 in the agencies and departments of public Administration.

This thesis developed a tool to support energy audits for use both in the program ECO.AP, and the energy rationalization.

To demonstrate all the features of the tool, was made an application to a real case, using the program ECO.AP and modeled on the IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol), although it has been applied in the private sector. It is necessary to take into account that this sector is given greater attention to reducing energy bills. Nevertheless, taking into account that previously had been applied other energy efficiency measures , was obtained for the building study a guaranteed savings of 13% , not yet considering the liberalization of the electricity market. The return of investment with occuring thirteen years and eleven months.

*Keywords:* ESE, Energy Service Companies; ESCO; ECO.AP; Programme ECO.AP; IPMVP





## **Siglas e Abreviaturas**

ADENE – Agência para a energia  
AIE – Agência Internacional de Energia  
AQS – Águas Quentes Sanitárias  
AVAC – Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado  
CE – Certificado Energético  
CEQAI – Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior  
COP – Coefficient of Performance  
DGEG – Direcção-Geral de Energia e Geologia  
ECO.AP – Programa de Eficiência Energética para a Função Pública  
EDP – Eletricidade De Portugal  
EER – Energy Efficiency Ratio  
ESCO – Energy Service Company  
ESE – Empresas de Serviços Energéticos  
FMI – Fundo Monetário Internacional  
GES – Grande Edifício de Serviços  
IEE – Indicador de Eficiência Energética  
IPMVP – International Performance Measurement and Verification Protocol (Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho)  
ONG – Organização Não Governamental  
PMP – Plano de Manutenção Preventiva  
PRE – Plano de Racionalização Energético  
PRS – Período de Retorno Simples  
QAI – Qualidade do Ar Interior  
QGBT – Quadro Geral de Baixa Tensão  
RCCTE – Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios  
RSECE – Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios  
SCE – Sistema Certificação Energética  
SGIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia  
TIMIII – Técnico de Instalação e Manutenção nível 3  
TQAI – Técnico de Qualidade de Ar Interior  
TRF – Técnico Responsável pelo Funcionamento  
UE – União Europeia  
UTA – Unidade de Tratamento de Ar  
VRV – Volume de Refrigerante Variável



# Índice

Agradecimentos.....	III
Resumo.....	V
Abstract.....	VII
Siglas e Abreviaturas .....	IX
Índice de figuras .....	XIII
Capítulo 1 – Introdução.....	1
1.1. Motivação .....	1
1.2. Objetivo .....	2
1.3. Contribuições Originais .....	2
1.4. Organização da Dissertação.....	2
Capítulo 2 – Revisão da literatura .....	5
2.1 Empresas de Serviços Energéticos (ESE) .....	5
2.2. Programa ECO.AP .....	8
2.3. Eficiência Energética .....	11
2.4. Auditoria Energética .....	11
2.5. Ferramentas de apoio a auditorias.....	13
2.6. Modelos existentes .....	14
Capítulo 3 – Metodologia no desenvolvimento da ferramenta de ajuda às auditorias energéticas ..	19
3.1. Metodologia.....	19
3.2. Modelo da ferramenta estudada em fluxograma .....	21
3.2.1. Iluminação .....	21
3.2.2. Equipamento – Correção do fator de potência .....	23
3.2.3. AVAC .....	24
3.3. Implementação informática .....	25
3.3.1. Iluminação .....	25
3.3.1.1. Iluminação - Auditoria .....	25
3.3.1.2. Iluminação - Melhorias .....	26
3.3.1.3. Iluminação - Poupança .....	26
3.3.1.4. Iluminação - Custos .....	29
3.3.2. Equipamento – Correção do fator de potência .....	31
3.3.3. AVAC.....	32
3.3.3.1. AVAC – Auditoria Chiller .....	32
3.3.3.2. AVAC – UTA .....	34
3.3.4. Arquitetura.....	37
3.3.4.1. Arquitetura – Auditoria .....	37

3.3.4.2. Arquitetura – Melhoria	37
3.3.4.3. Arquitetura – Custo	38
<b>3.3.5. GTC (Gestão Técnica Centralizada)</b>	<b>38</b>
<b>3.3.6. Conclusão</b>	<b>39</b>
<b>3.3.7. Financiamento</b>	<b>40</b>
<b>3.3.8. Folha de Baseline</b>	<b>41</b>
<b>Capítulo 4 – Análise de caso prático</b>	<b>43</b>
<b>4.1. Aplicação prática do ESCOm</b>	<b>43</b>
<b>4.2. Medidas de Racionalização Energética</b>	<b>44</b>
<b>4.3. Estudo de investimento</b>	<b>45</b>
4.3.1. Iluminação	45
4.3.2. Variadores de Velocidades nos Motores das UTAs	47
4.3.3. Substituição das caixilharias existentes	49
4.3.4. Substituição dos Chiller's	50
4.3.5. Resumo dos estudos de racionalização energética	52
<b>4.4. Resultado/Conclusão</b>	<b>52</b>
<b>Capítulo 5 - Conclusão</b>	<b>57</b>
<b>5.1. Trabalho Futuro</b>	<b>58</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>59</b>
<b>Anexos</b>	<b>61</b>
Anexo 1 – Folha de Apoio a Auditoria - Baseline	63
Anexo 2 – Utilização média de horas por dia para cada tipologia	69
Anexo 3 – Estudo de investimento de iluminação	73
Anexo 4 – Instalação de Variadores de Velocidade nos Motores das UTA's	89
Anexo 5 – Substituição das caixilharias existentes	115
Anexo 6 – Substituição dos Chiller's	117
Anexo 7 – Resumo dos estudos de racionalização energética	119

## Índice de figuras

Figura 1. Modelo de negócio de uma ESE	5
Figura 2. Fluxograma do programa ECO.AP	10
Figura 3. Fluxograma do modelo utilizado na ferramenta ESCOm	20
Figura 4. Fluxograma do modelo utilizado no sistema de iluminação	22
Figura 5. Fluxograma do modelo utilizado no âmbito da correção do fator de potência	23
Figura 6. Fluxograma do modelo utilizado na auditoria ao sistema de AVAC	24
Figura 8. Preenchimento rápido das células	25
Figura 9. Aviso de alteração - Iluminação	26
Figura 10. Exemplo demonstrativo de poupanças - Iluminação	27
Figura 11. Poupança anual (€)- Iluminação	27
Figura 12. Exemplo demonstrativo da comparação de consumos (Só na iluminação).	28
Figura 13. Exemplo demonstrativo da comparação de faturas (Só na iluminação)	29
Figura 14. Exemplo demonstrativo do custo do investimento e o tempo de retorno - Iluminação	29
Figura 15. Obtenção dos valores pretendidos – Correção do fator de potência	31
Figura 16. Valores típicos de consumo – Equipamento	31
Figura 17. Dados do chiller	32
Figura 18. Comparação gráfica da degradação de eficiência do Chiller	32
Figura 19. Dados do novo chiller	33
Figura 20. Dados de melhorias, com recurso ao Design Builder	33
Figura 21. Comparação gráfica dos valores de antes e após a medida de melhoria do chiller	34
Figura 22. UTAs de referência para a auditoria	35
Figura 23. Escolha da percentagem da poupança.	35
Figura 24. Tabela individual - UTA.	35
Figura 25. Tabela global perante as medidas de melhoria nas UTAs	36
Figura 26. Comparação gráfica dos consumos energéticos	36
Figura 27. Dados da auditoria na arquitetura	37
Figura 28. Dados da medida de melhoria na arquitetura	37
Figura 29. Comparação gráfica dos consumos energéticos antes e depois da melhoria na arquitetura	37
Figura 30. Dados da medida de melhoria na arquitetura	38
Figura 31. GCT	39
Figura 32. Escolha das melhores medidas de melhoria	39
Figura 33. Observação gráfica das medidas de melhoria	40
Figura 34. Verificação válida com o Programa ECO-AP	40
Figura 35. Verificação inválida com o Programa ECO-AP	40
Figura 36. Exemplo de financiamento	41
Figura 7. Localização e enquadramento do imóvel no terreno	43
Figura 37. Comparação gráfica dos consumos globais após a implementação das medidas de melhoria na iluminação	46
Figura 38. Confronto da energia antiga e da nova, após as medidas de melhoria propostas, nas UTA's	48
Figura 39. Comparação dos consumos anuais com a substituição das caixilharias	50
Figura 40. Paralelo do consumo antes e depois da medida de melhoria no Chiller	51
Figura 41. Representação gráfica da poupança alcançada na fatura, em percentagem	53
Figura 42. Representação gráfica da poupança alcançada no consumo energético, em percentagem	53
Figura 43. Comparação de consumos anuais.	55
Figura 44. Comparação dos custos anuais.	55



## Índice de tabelas

Tabela 1. Proposta de alteração de iluminação.	45
Tabela 2. Estudo do investimento.	46
Tabela 3. Proposta de instalação de variadores de velocidade.	47
Tabela 4. Estudo do investimento.	47
Tabela 5. Estudo do investimento.	47
Tabela 6. Estudo do investimento.	48
Tabela 7. Solução existente.	49
Tabela 8. Solução proposta.	49
Tabela 9. Estudo do investimento.	49
Tabela 10. Solução existente.	50
Tabela 11. Solução proposta.	50
Tabela 12. Estudo do investimento.	51
Tabela 13. Tabela resumo	52
Tabela 14. Tabela resumo, global.	52
Tabela 15. Tabela resumo dos distintos setores.	52
Tabela 16. Estudo das melhorias 1.	54
Tabela 17. Estudo das melhorias 2.	54
Tabela 18. Resumo global, sem substituição das caixilharias existentes.	54





## **Capítulo 1 – Introdução**

### **1.1. Motivação**

Perante a atual crise financeira com que Portugal se depara e a necessidade de cumprir metas Europeias relativas à eficiência energética e à redução de emissão de gases poluentes, conhecidas por “Objetivos 20-20-20”, onde se acordou na redução de 20% em emissões de gases de efeito estufa em relação aos níveis de 1990, num aumento da quota de consumo de energia da União Europeia (EU) produzida a partir de recursos renováveis para 20% e uma melhoria de 20% na eficiência energética da EU até 2020. É pois fundamental apostar na eficiência energética, tanto no setor privado como no setor público, no qual já existe um programa designado por ECO.AP [1; 2].

O programa ECO.AP visa promover a eficiência energética em 300 edifícios, da Administração Pública, até 2015, com o objetivo de redução de 30% na fatura energética até 2020, com benefícios na redução da emissão de gases com efeitos de estufa e sem aumentar a despesa pública [3; 4]

No âmbito do programa do estado, Empresas de Serviços Energéticos (ESE) serão convidadas a apresentarem propostas com medidas de eficiência energética em regime de concurso público, no qual serão avaliadas pela entidade contratante, sendo escolhida a melhor proposta a nível económico [5].

Visando este tipo de concurso, e igualmente uma melhor eficácia das ESE, é importante criar ferramentas fiáveis que ajudem a definir um caminho para se obterem as melhores opções de eficiência energética e que ajudem a vencer os concursos, utilizando ferramentas especializadas para auditorias energéticas, que garantam a determinação exata da economia energética, sirvam de base documental a projetos e, pela sua fiabilidade e credibilidade, ajudem a fornecer confiança para novos investimentos.

Existe cada vez mais nos tempos que decorrem, uma enorme preocupação, por parte da económica, em alcançar políticas ecológicas e ambientais para que se atinja o Desenvolvimento Sustentável. Por isso, e devido a grandes necessidades energéticas, escassez dos combustíveis fósseis e a dependência dos seus fornecedores, as renováveis e o nuclear assumem grande importância no lado da oferta. Por sua vez, é a eficiência energética que comanda o lado da procura [6].

## **1.2. Objetivo**

Esta dissertação tem como objetivo a criação de uma ferramenta de apoio às ESE, nas auditorias energéticas, a qual se designa por ESCOm, capaz de fornecer várias hipóteses de eficiência energética, perante o programa ECO.AP e tendo como base de cálculo o modelo IPMVP (Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho) de modo à determinação rigorosa da economia alcançada.

A ferramenta apresenta sempre os valores de poupança prevista, tanto poupança em termos energéticos como financeiros, valores do investimento e valores para o tempo de retorno. Os valores são apresentados separadamente por medida de melhoria e globalmente, para uma melhor explicitação dos resultados obtidos e para se poder seleccionar cada opção e assim se obter o melhor valor de poupança.

O ESCOm foi construído tendo como base o programa ECO.AP e a contratação de serviços energéticos no setor privado, e desenvolvido para uma fácil e rápida utilização nas auditorias energéticas, de modo a obter resultados num curto intervalo de tempo.

## **1.3. Contribuições Originais**

As contribuições originais deste trabalho são a realização de uma ferramenta de apoio a auditorias energética, tendo como base o modelo internacional IPMVP. Para a realização desta dissertação contou-se com a parceria da empresa MANVIA S.A. – Grupo MotaEngil, setor da Eficiência Energética, o qual forneceu todo o apoio, facultando igualmente os dados necessários para a realização da ferramenta ESCOm e ajudando à escolha do edifício alvo para estudo, a Fundação Serralves

## **1.4. Organização da Dissertação**

Esta dissertação é composta por cinco capítulos.

O primeiro capítulo – Introdução, consiste na motivação para a realização da dissertação, objetivos e contribuições, concluindo com a sua organização.

O segundo capítulo – Revisão da literatura, consiste na revisão da literatura, no qual é exposto o papel das empresas de serviços energéticos, fazendo-se uma introdução à eficiência energética e políticas energéticas. Apresenta-se igualmente um enquadramento ao programa ECO.AP, a estrutura das auditorias energéticas, finalizando-se com a estrutura de modelos existentes, tendo especial destaque o modelo IPMVP, utilizado na dissertação.

No terceiro capítulo é estudada a metodologia utilizada, através de um fluxograma geral e fluxogramas detalhados para a iluminação, correção do fator de potência e sistema de AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado).

No quarto capítulo é feita a exposição da ESCOm, apresentando-se todas as suas funcionalidades, e a apresentação de um exemplo prático, na Fundação de Serralves, para se poder verificar a atuação da ESCOm, onde é estudado o sistema de iluminação, a correção do fator de potência, AVAC – Chiller, AVAC – UTA, arquitetura, estudo de investimento e exposição das medidas de melhoria propostas.

Por último, no quinto capítulo apresentam-se as conclusões e trabalhos futuros.



## Capítulo 2 – Revisão da literatura

### 2.1 Empresas de Serviços Energéticos (ESE)

Atualmente, devido em grande parte à crise financeira, um dos grandes desafios para a humanidade é a diminuição do consumo de energia, tendo em conta, igualmente, as alterações climáticas. A diminuição dos consumos energéticos torna-se complicada nos tempos atuais, pois cada vez há mais novas e importantes tecnologias (tais como motores, computadores, equipamento tecnológico, ar-condicionado), além da possibilidade da subida dos preços da energia, apesar de com a liberalização do mercado energético os preços praticados terem sofrido uma redução de 10% em 2012, segundo o relatório da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos [7].

Para este desafio poder-se-á contar com empresas que implementem o modelo de Companhia de Serviços de Energia (ESCO - Energy Service Company), conhecidas igualmente por Empresas de Serviços Energéticos (ESE). A designação ESCO é utilizada na Europa e nos Estados Unidos, enquanto que em Portugal optou-se pela designação de ESE. Uma ESE consiste numa empresa cuja atividade compreende o fornecimento de soluções energéticas, em que o retorno do investimento se obtém através das poupanças de energia, conseguidas pelos clientes, ao longo de um certo período de tempo. Essas economias são alcançadas através do desenvolvimento de melhorias energéticas ou através da utilização de fontes de energias renováveis.



**Figura 1. Modelo de negócio de uma ESE [8]**

A figura 1 representa o modelo de negócio de uma ESE, no qual de início se tem um determinado custo energético, ao longo da intervenção da ESE obtêm-se poupanças energéticas e por fim após a atuação da ESE, consegue-se obter um custo energético inferior ao inicial.

Uma Empresa de Serviços Energéticos engloba várias vertentes numa só entidade, como a certificação energética, implementação de sistemas de gestão dos consumos de energia e consultoria energética.

Num projeto que englobe uma ESE, o cliente tem a previsão de poupança e os lucros são repartidos entre cliente e empresa, havendo igualmente uma partilha de risco financeiro e de risco da garantia de desempenho. Em resumo, uma ESE tem como atividade o estabelecimento de contratos de desempenho energético com o objetivo de redução controlada de consumos e gastos energéticos, através de vetores como a redução dos gastos com energia nas suas várias formas de utilização, avaliação dos atrativos e oportunidades económicas, incluindo sugestões viáveis, como por exemplo, cogeração, microgeração e minigeração, por forma a assessorar a contratação de financiamentos, implementar as oportunidades identificadas e acompanhar as poupanças geradas [9] [10].

O âmbito de uma empresa ESE passa por analisar cuidadosamente o edifício e possíveis medidas de melhoria, estimar os impactos provocados e analisar o investimento e o financiamento do projeto. Durante a implementação das medidas, a ESE é responsável pela manutenção dos equipamentos e pela medição e verificação da poupança alcançada [5].

As ESE podem atuar em dois setores, no da produção de energia e na eficiência energética, quer dos equipamentos, quer do espaço em si. Visto que a produção de energia não representa na realidade o conceito de eficiência energética, outros setores são o da melhoria dos edifícios, tornando-os eficientes energeticamente, e o da utilização de equipamentos eficientes, tais como motores de elevado rendimento [11].

Os principais entraves às ESE podem ser a pouca consciencialização e informação sobre o conceito de Empresa de Serviços de Energia, a desconfiança por parte do cliente em relação às ESE e aos contratos apresentados, bem como o elevado nível de perceção de risco do investimento da ESE [12].

O desenvolvimento deste negócio teve início nos Estados Unidos, nos anos 70, como uma possível solução para o aumento dos custos de energia durante a crise petrolífera [13].

De início, as ESE não foram bem aceites pelos grandes consumidores, principalmente devido à sua desconfiança na redução real do consumo de energia, tendo esta mesma desconfiança levado à base do modelo ESCO, assegurando e garantindo a obtenção de economias de energia e financiamento do serviço. Na década de 90, as ESE assumiram um papel importante na Europa, devido ao desenvolvimento de novas tecnologias de eficiência energética em sistemas de iluminação e arquitetura, entre outros, tendo desta forma as ESE encontrado um lugar importante no mercado da energia, tanto no setor público como no privado [12].

A execução dos serviços prestados por uma ESE contribui diretamente para os objetivos da União Europeia, no aumento da eficiência energética em 20%, redução das emissões dos gases com efeito estufa em 20% face aos níveis de 1990 e aumento de energias renováveis no consumo final de 20% [14].

Em Portugal, as ESE encontram-se ainda no início, não havendo realmente nenhuma empresa certificada como ESE até julho de 2012, mas sim várias com o modelo ESCO, que representa uma Empresa de Serviços Energéticos [15]. Atualmente encontra-se em curso o sistema de qualificação das respetivas empresas interessadas pelo SQESE (Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços Energéticos), para a participação nos procedimentos pré-contratuais referentes à celebração de contratos de gestão de eficiência energética com os serviços e organismos da Administração Pública, existindo atualmente 40 empresas de serviços energéticos qualificadas, na lista da DGEG (Direção Geral de Energia e Geologia) [16]. O facto de só em 2012 se ter dado início à qualificação das ESE, deve-se ao facto de não se ter encontrado um caminho ideal de custo – benefício e à inexistência de uma associação de ESE em Portugal até 2011.

Em 2011 com a publicação em Diário da República do Decreto-Lei nº 29/2011, o qual ajudou na implementação das ESE, a partir de novos objetivos para a política energética, estabeleceu-se a prioridade que deve ser dada à eficiência energética, designadamente através da aplicação de programas de redução do consumo de energia nos edifícios públicos e da promoção de comportamentos e escolhas com menor consumo energético.

Em abril de 2011, por iniciativa de sete empresas (Selfenergy, EDP Serviços, Galp, Hemera Energia, eWen, SmartWatt, ISQ Energia), foi criada a Associação Portuguesa de Empresas de Serviços de Energia (APESE), tendo como missão promover o desenvolvimento da indústria ESE em Portugal nas vertentes tecnológicas, regulamentares e boas práticas, contribuindo para o aumento da competitividade em Portugal pela utilização eficiente de energia [17]. Os objetivos da APESE passam por fomentar o desenvolvimento e a estruturação do mercado de serviços de energia, atuar como interlocutor com o Governo e distintas instituições, representar as ESE, difundir as boas práticas da eficiência energética e racionalizar a energia, favorecer as sinergias entre as empresas suas associadas e difundir e apoiar princípios de sustentabilidade.

Existe uma forte vontade na divulgação das ESE, havendo cimeiras, tal como a ESCO-Europa 2010 Lisboa, que contou com mais de 150 participantes, entre representantes de municípios, grandes consumidores de energia, agências de energia, institutos financeiros e governamentais. Esta cimeira voltou a decorrer em Londres, ESCO-Europa 2012 Londres, onde reuniu mais de 200 participantes, tais como as empresas ADENE, Ameresco, ANESE, Self Energy, Siemens, entre outras. Subsiste igualmente relatórios, tais como *Energy Service Companies Markert in Europe*, realizado por Angelica Marino, Paolo Bertoldi, Silvia Rezessy, da Comissão Europeia, Centro Comum de Investigação, Instituto para a Energia, no âmbito de atualizar e divulgar a situação das ESCO na Europa [18].

Ao contrário de Portugal, países como a Alemanha, Estados Unidos, Itália, França, entre outros, encontram-se mais desenvolvidos em termo de ESE. Nos Estados Unidos, em 2008, as ESE geraram

uma atividade de cerca de 6000 milhões de dólares, aproximadamente 4098 milhões de euros, empregando 60 mil pessoas. Da mesma forma, na Alemanha, tendo em conta só o setor público, as ESE de têm um mercado estimado em mais de 2000 milhões de euros no ano de 2010, segundo o relatório Energy Service Companies Markert in Europe [12; 19; 20; 21].

Na verdade, uma ESE consiste numa empresa de amplo espectro, uma vez que pode abranger todos os serviços de energia possíveis, com o único propósito de melhorar a eficiência energética e reduzir os custos de energia de uma instalação, podendo atuar na instalação, finanças, implementação e monitorização de um projeto, assumindo total ou parcialmente os riscos técnicos e económicos do mesmo. Um possível esquema no âmbito de uma ESE, compreende uma análise da realidade do edifício/instalação e identificação de medidas de poupança energética, definição e avaliação de tais medidas, estimativa dos impactos, avaliação do investimento e o respetivo financiamento, implementação das medidas, manutenção do equipamento e medição e verificação da poupança alcançada.

## **2.2. Programa ECO.AP**

No desenvolvimento do mercado, as ESE têm tido um crescimento lento, o qual se deve às estratégias governamentais, tendo sido da iniciativa do governo de José Sócrates (2005 a 2011) e atualmente no governo de Passos Coelho, apoiar as ESE com uma linha de crédito para financiar projetos de eficiência energética. Os projetos existentes contemplam iluminação de rua e interior, cogeração no setor público e o programa ECO.AP (programa de eficiência energética na administração pública).

Atualmente encontra-se a decorrer o maior projeto a nível nacional das ESE, conhecido por ECO.AP. O programa ECO.AP, lançado através da resolução do Conselho de Ministros n.º2/2011, teve o objetivo de obter um nível de eficiência energética na ordem dos 30% até 2020 nos organismos e serviços da administração pública, tais como hospitais, bibliotecas e câmaras municipais e obter esta eficiência sem aumento da despesa, permitindo ao mesmo tempo o estímulo da economia no setor das empresas de serviços energéticos [22].

O programa ECO.AP decorrerá entre 2012 e 2015, compreendendo cerca de 300 edifícios com um consumo de 700 GWh de energia anualmente, onde subsiste a possibilidade de obter certa de 14 M€ de poupança anual, que corresponderá de remuneração à ESE, considerando o projeto-piloto da ADENE, de janeiro de 2012.

Todo o processo do concurso segue a estrutura definida no Decreto-Lei 29/2011, que contem duas fases, sendo que na primeira se encontra o convite da entidade a todas as empresas de serviços energéticos qualificadas ou agrupamentos qualificados no âmbito do Sistema de Qualificação de



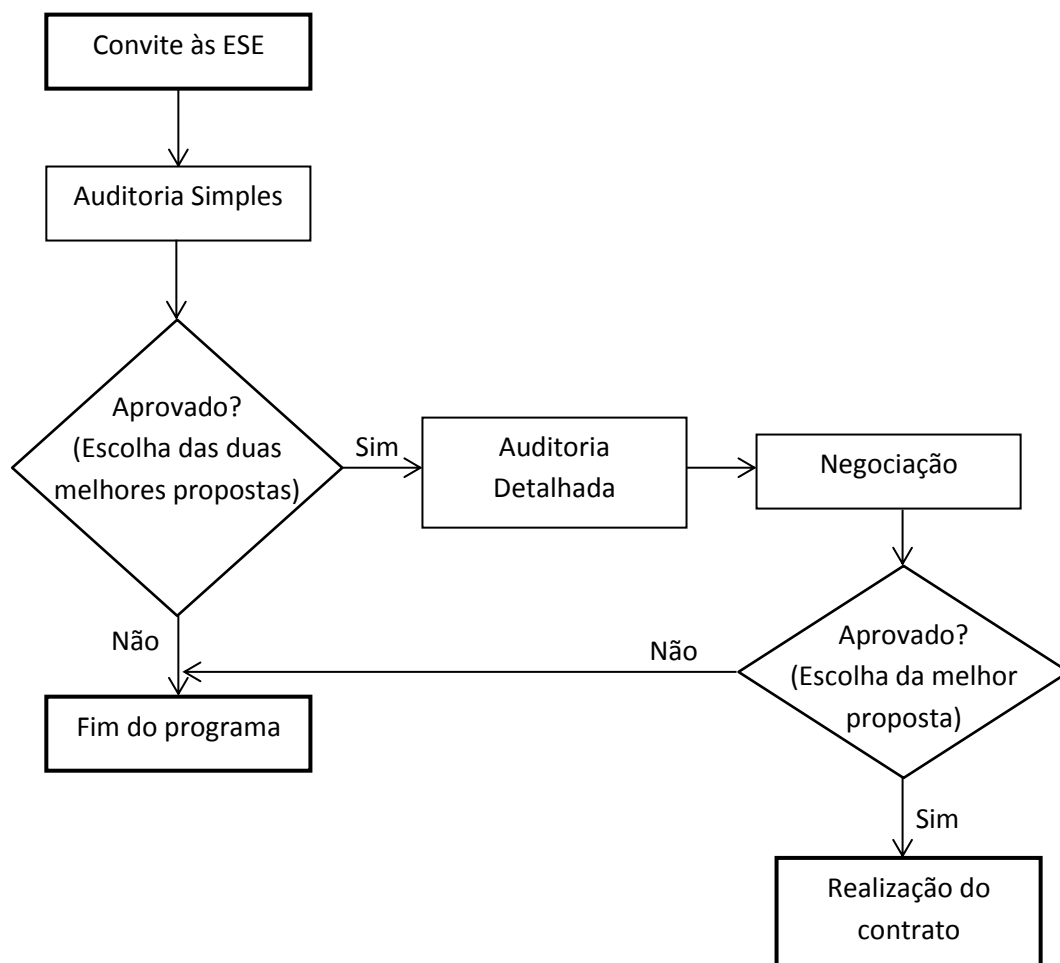
Empresas de Serviços Energéticos e uma auditoria simples, e na segunda fase segue-se uma auditoria detalhada, a negociação e adjudicação.

Nas propostas iniciais após o diagnóstico energético são realizadas as propostas de medidas de melhoria, das quais devem ser constituídas por um documento que contenha a memória descritiva do projeto, as propostas de melhoria que pretendem implementar e o tempo previsto de aplicação [11].

Na segunda fase do programa ECO.AP, da qual só passaram as duas ESE que apresentarem as melhores propostas de medidas de melhoria energética, vão obter a possibilidade realizar uma auditoria detalhada. Neste ponto, a ESE deve entregar o modelo de M&V de cada medida. A proposta final, deve conter o prazo do contrato, a percentagem de partilha e a percentagem de poupança garantida. Após a auditoria detalhada, os concorrentes selecionados têm de apresentar uma proposta preliminar, que deve ser constituída por documentação que contenha a memória descritiva do projeto e um plano de medição e verificação, o qual deve ser definido para cada medida de eficiência energética proposta, de acordo com o IPMVP [11].

A negociação consiste na aprovação ou não das propostas apresentadas, tendo como elementos de negociação a possibilidade de implementação das medidas de melhoria. Após a negociação e consoante as duas propostas, a melhor terá direito a celebrar um contrato de desempenho [11].

A figura 2 representa o fluxograma do programa ECO.AP, desde o convite às ESE até à fase final do programa.



**Figura 2. Fluxograma do programa ECO.AP**

As ESE são classificadas em dois níveis, consoante determinados requisitos de capacidade técnica e financeira.

Para o primeiro nível as ESE têm que ter dois peritos qualificados, sendo um deles de RSECE-Energia e um técnico com experiência na realização de auditorias energéticas, para além de um nível de negócio igual ou superior a duzentos e cinquenta mil euros e uma autonomia financeira superior a 15%.

No que diz respeito ao segundo nível a ESE deve dispor de dois peritos qualificados, no âmbito do sistema de certificação energética, um deles obrigatoriamente de RSECE-Energia, um técnico no âmbito do IPMVP, um técnico no âmbito do sistema de gestão de consumos intensivos de energia e um engenheiro ou engenheiro técnico, um volume de negócio igual ou superior a um milhão e quinhentos mil euros e uma autonomia financeira superior a 20% [5].

A MANVIA adquire as capacidades técnicas e financeiras para se encontrar no segundo nível de classificação [16].

### **2.3. Eficiência Energética**

A eficiência energética compreende a otimização do consumo energético, tendo em conta o esgotamento dos combustíveis fósseis, preocupações ambientais e a atual crise financeira traduzindo-se numa preocupação de alcançar uma redução económica, a nível energético, o que torna numa motivação para a eficiência energética. [23].

Na otimização do consumo energético, tem que se ter em conta o desperdício de energia ao longo do processo de transformação energética em forma de calor, frio ou luz, sendo que esse desperdício deve-se à pouca otimização dos equipamentos/sistemas. A otimização do consumo passa igualmente pela utilização racional da energia, com a utilização de medidas energéticas e aquisição de equipamentos adequados, alcançando dessa forma uma poupança energética [24].

### **2.4. Auditoria Energética**

O modo para se desenvolver um trabalho de eficiência energética, na ótica de quem a implementa, deve ter em conta a aplicação de uma auditoria energética detalhada, na qual é o estudo base de um ESE para a determinação dos serviços de economia de energia a serem desenvolvidos, e requerendo a medição dos parâmetros energéticos principais do edifício em estudo.

Uma auditoria energética consiste num levantamento do consumo de todo o tipo de equipamento elétrico, da sua potência e do seu perfil de consumo anual. Regista-se igualmente a área por tipologia da instalação em questão, caso se queira estudar o seu consumo por área. Após todo o levantamento efetua-se uma análise cuidadosa, aos consumos de energia, com vista a uma racionalização energética. A realização de uma auditoria energética contribui para alcançar uma redução de custos, para que dessa forma se consiga caracterizar a estrutura do consumo da instalação, e para identificar os principais equipamentos com maior potencial de redução de consumo energético e conseguindo-se assim efetuar, um plano de racionalização energética viável [25].

O resultado de uma auditoria inclui, normalmente, os seguintes aspetos [12]:

- Descrição do edifício e instalações;
- Qualificação e quantificação das formas de energia utilizadas;
- Avaliação do consumo de energia (eletricidade, combustíveis fósseis e outros combustíveis);
- Reconhecimento das melhorias (na iluminação, motores, chiller, entre outros);
- Análise técnica e económica das soluções encontradas;
- Proposta de melhorias energéticas (economia da energia prevista, quantificação dos investimentos, período de retorno)

Poder-se-á considerar que uma auditoria energética se encontra dividida em quatro fases, a preparação da auditoria, a auditoria no local previsto, o tratamento dos dados adquiridos e por fim, a elaboração de um relatório. A preparação da auditoria consiste numa etapa de grande importância, pois dela dependerá a realização eficaz de todo o trabalho da ESE. Esta primeira fase consiste na recolha e análise de documentação organizacional podendo ser realizada através de formulário, tais como do processo produtivo e energético, tecnologia existente no local em estudo e recolha de faturas energéticas. A fase mais importante, da qual vai sair toda a informação para um estudo detalhado, consiste na auditoria no local, a qual tem como objetivo a recolha de toda a informação energética, a análise do processo produtivo, a medição de todas as grandezas energéticas de produção de energia e a instalação do equipamento de registo contínuo para uma melhor monitorização [26]. A recolha dos dados deve ser cuidada, detalhada e com um período de referência mínimo de um ano, para que dessa forma se possam estabelecer comparações fiáveis dos consumos antes e depois da implementação de medidas de melhoria [27].

Na auditoria energética dever-se-á ter em consideração os principais benefícios e áreas de implementação de medidas de redução de custo e de eficiência energética.

As principais áreas para a implementação de medidas de redução de custos e da eficiência energética são a iluminação, AVAC (Aquecimento, ventilação e ar condicionado) e motores elétricos [12].

O sistema de iluminação é constituído pelos elementos básicos de fonte de luz (lâmpada), a luminária, dispositivo cuja função principal é distribuir a luz fornecida pela lâmpada e equipamento auxiliar (balastros). Estes três elementos formam a base do sistema de iluminação e os consumos da fonte de luz e equipamento auxiliar irão depender essencialmente da sua eficiência.

O consumo de energia de uma instalação de iluminação depende dos seguintes fatores [12]:

- A eficiência das lâmpadas, luminárias e reatores/balastros;
- A forma de utilização;
- Regime de manutenção.

Assim, para otimizar o uso da iluminação numa instalação também é necessário usar sistemas eficientes de iluminação e corrigir o consumo desnecessário.

Relativamente ao AVAC, a medida de melhoria, em geral, consiste na substituição de unidades de climatização, tendo em conta a análise do perfil térmico das zonas a climatizar, da centralização do máximo de unidades interiores numa só unidade exterior, da gestão centralizada dos equipamentos de climatização, das medidas de manutenção no sistema existente, na substituição dos radiadores elétricos por acumuladores de calor, na utilização de variadores de velocidade e na introdução de sistema de gestão técnica (SGT), o qual inclui a especificação de horários de funcionamento, tais como, do

Chiller, da instalação de sombreamentos ou películas de proteção solar nas superfícies transparentes, da alteração do modo de controlo do funcionamento dos ventiladores da garagem e da cozinha do refeitório, das alterações nas bombas de circulação de água quente para climatização e da instalação ou recuperação de contadores de energia elétrica [12].

Os motores elétricos são os maiores consumidores de energia elétrica na indústria e comércio [12]. As principais medidas para a melhoria da eficiência energética nos motores são [12]:

- Alteração de motores convencionais para motores de elevado rendimento, no qual contêm menor manutenção e menor consumo de energia elétrica, comparados com os motores convencionais. Obtendo dessa forma maior tempo de vida útil.
- Instalação de estabilizadores de tensão, em que se consiga manter a mesma sem haver oscilações, através da correção da tensão da rede elétrica, corrigindo apenas o valor eficaz à saída. Um estabilizador consiste num dispositivo adequado à potência do sistema, oferece poupança no consumo, melhora o sistema elétrico e atenua as distorções das redes de energia [28].

Na fase de tratamento dos dados, devem ser feitos balanços energéticos e de consumos, para uma boa avaliação do potencial de economia energética, desagregando o consumo em principais sectores, iluminação, AVAC e motores, para por fim se obter uma análise da viabilidade das medidas propostas.

A última fase de uma auditoria consiste na elaboração de um relatório com todos os dados e referências obtidas ao longo da mesma, com as medidas de ação de eficiência energética e respetivos estudos de investimentos.

## **2.5. Ferramentas de apoio a auditorias**

A existência de ferramentas de apoio a auditorias em Portugal é muito escassa, sendo que cada empresa dispõe das suas próprias ferramentas de apoio, normalmente em Microsoft Excel, feitas pelos próprios auditores e não comercializadas no mercado.

A empresa Ems-Textile<sup>1</sup> disponibiliza a sua própria ferramenta de ajuda a auditorias. Consiste numa ferramenta feita em Microsoft Excel, no âmbito do projeto EMS-Textile – Promoção de Práticas de Gestão Energética nas indústrias têxteis de Grécia, Portugal, Espanha e Bulgária, com apoio da Comissão Europeia, no âmbito do programa Energia Intelege [29]. Esta ferramenta encontra-se dividida em onze etapas, que consistem em dados gerais, dados financeiros, dados de consumo, pontos

---

<sup>1</sup> <http://www.ems-textile.eu/pt/default.asp>

de verificação, fluxo de produção, fluxo energético, equipamento de produção, equipamento auxiliar, dados dos edifícios, matriz de gestão e por fim conclusões da auditoria [29].

Outra empresa que divulga igualmente a sua ferramenta de apoio as auditorias é a ABB<sup>2</sup>. A ABB dispõe de softwares próprios de cálculo de eficiência energética aplicada a ventiladores, denominado FanSave, a bombas, PumpSave, e a motores eficientes, pelo software Energy Saving Tool. Dessa forma, a ABB, divide as auditorias em quatro etapas. A primeira etapa consiste numa reunião com o cliente, explicando todos os meios e ações, que pode tomar para alcançar uma poupança energética nas suas instalações. A segunda etapa consiste na seleção das aplicações de melhoria. A terceira etapa da auditoria consiste na análise da aplicação de variadores de velocidade. Por fim, quarta e última etapa, na avaliação dos dados obtidos, com a lista de todos os equipamentos que sofreram auditoria e com o respetivo relatório [30].

## 2.6. Modelos existentes

### IPMVP

Existem diversos modelos de apoio a auditorias, sendo um dos mais importantes e mais utilizado, pela sua fiabilidade, o Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho (IPMVP – International Performance Measurement and Verification Protocol), o qual esta dissertação tomou como base.

O IPMVP teve início em 1995, com o desenvolvimento de abordagens específicas para a Medição e Verificação (M&V) de eficiência energética, destinado a empresas especializadas, sendo utilizado em mais de 40 países [31]. O sistema de M&V, do referido protocolo, expõe um modelo seguro na determinação da economia real alcançada por uma ESE [27].

A utilização do modelo IPMVP traz como vantagem a justificação do desempenho energético, tendo em conta os contratos com as ESE, que se baseiem em pagamentos económicos com base no desempenho energético [27].

A economia, não podendo ser medida diretamente, uma vez que representa a ausência do consumo de energia, é determinada pela comparação do consumo medido antes e depois da implementação do projeto de medidas de melhoria, tais como periódicos e não periódicos, tendo em conta alterações nas condições iniciais. Desta forma a economia pode ser determinada pela equação 1 [27].

$$Economia = (rf - rp) \pm a$$

Equação (1)

---

<sup>2</sup> <http://www.abb.pt>

Onde:

rf – Consumo no período de referência

rp – Consumo no período de reporte

a - Ajustes

O consumo medido antes da implementação das medidas de melhoria é designado por *período de referência*, que deve representar no mínimo o ciclo de um ano de funcionamento da instalação em estudo, para se ter o conhecimento do consumo de energia. Se houver falta de dados de um mês, pode-se utilizar dados do mesmo mês em falta mas de outro ano, de modo a garantir um ciclo completo. O consumo medido depois da implementação das medidas de melhoria designa-se por *período de reporte*, no qual é determinada a economia energética real e para tal deve ser estudado um ciclo de no mínimo um ano de funcionamento da instalação para verificar a eficiência das medidas de melhoria implantadas. A consequência de alterações das condições de funcionamento da instalação entre o período de referência e de reporte, são designadas de ajustes, as quais devem ser sempre reportadas de modo a alcançar o real desempenho energético das medidas de melhoria [27].

A M&V tem vários objetivos, tais como aumentar a economia de energia, documentar transações financeiras, aumentar o financiamento para projetos de eficiência, melhorar projetos de engenharia, gerir orçamentos energéticos, aumentar o valor dos créditos de redução de emissão, apoiar a avaliação de programas de eficiência energética e aumentar a compreensão do público acerca da gestão de energia como ferramenta de política pública [27].

A determinação precisa da economia alcançada pelas medidas de melhoria energética, proporciona à ESE e contratante, a possibilidade de um estudo mais aprofundado das respetivas medidas e por consequência a hipótese de escolha de outra medida mais eficiente. Tendo em conta o programa ECO.AP ou outro tipo de contrato, no qual o lucro da ESE é alcançado através do desempenho energético, a documentação financeira é deveras importante, no qual um plano de M&V bem constituído serve de suporte rigoroso e credível perante a documentação financeira e dessa forma aumenta a credibilidade dos relatórios de medidas de melhoria propostas, concebendo ainda um aumento de confiança e proporcionando uma maior facilidade de financiamento dos projetos de melhoria, melhorando dessa forma os projetos de engenharia, funcionamento e manutenção [27].

O plano de M&V pode ser utilizado para o ajustamento das condições de funcionamento da instalação em estudo e dessa forma gerir os orçamentos energéticos. Com a credibilidade de um bom plano de M&V consegue-se demonstrar a sua eficácia e dessa mesma forma aumentar a compreensão da importância da gestão energética, concebendo um aumento da possibilidade de investimentos em novos projetos energéticos [27].

O IPMVP contém dois métodos de medição: a Medição de Toda a Instalação, que consiste em medir todos os efeitos na instalação, antes das medidas de melhoria, ou a Medição Isolada, onde a escolha vai depender das características do projeto. Em ambas as medições existem duas opções, as opções A ou B e C ou D [27].

Na medição isolada existem as opções, A ou B [27]:

- A opção A consiste em medir os parâmetros chave e em estimar os restantes com base nos resultados da verificação e cálculos. Esta opção aplica-se com maior frequência a cargas individuais ou sistemas específicos do edifício. Tomando como exemplo uma unidade de tratamento de ar (UTA), mede-se a redução da potência absorvida e estima-se o número de horas de funcionamento, no caso de um sistema de iluminação, onde as condições de baseline (consumo energético a considerar em que corresponde à data do lançamento do procedimento concorrencial) são bem entendidas, no qual se devem calcular as horas de funcionamento baseadas na ocupação do edifício e na medição da sua potência, tratando-se assim do parâmetro chave de desempenho energético da iluminação.
- Na opção B medem-se todos os parâmetros, sendo recomendada para projetos onde se deseja obter uma medição contínua do desempenho de longo prazo. Nesta opção as cargas individuais são continuamente monitorizadas para a determinação do desempenho e este é comparado às condições do baseline para se determinar as economias. O uso de medições de longo prazo é recomendado para compensar as variações de operação que ocorrem durante um longo período de tempo, favorecendo a aproximação das economias calculadas às reais, diferente do que acontece com o uso de estimativas na opção A. Tendo em conta o mesmo exemplo, nesta opção mede-se a redução da potência absorvida e o número de horas de funcionamento.

Na medição de toda a instalação existem as opções C ou D, tendo sempre que se ter a disponibilidade de dados [27]:

- Na opção C são sempre necessário os dados tanto do período de referência como do período de reporte, utilizando normalmente o contador de energia do cliente. Esta abordagem incide na verificação do consumo global de energia, sendo tipicamente utilizada em projetos de modernização global da instalação, onde a ESE é responsável pelo desempenho da instalação como um todo. São necessários dados tais como as datas de leitura das faturas, as informações das temperaturas médias diárias e a quantidade de energia consumida durante o período, entre leituras. É aconselhável esta



opção para pequenos projetos ou onde os recursos financeiros para a medição são reduzidos e não justificam a instalação de medição específica.

- A opção D consiste numa simulação calibrada, sempre que não existe um contador no período de referência e, assim sendo, os dados de consumo podem ser “produzidos” sob circunstâncias controladas. Os modelos são calibrados no uso real durante o período de reporte (baseline), onde depois são ajustados para incorporarem as mudanças nos parâmetros de operação decorrentes das medidas de melhoria implementadas. As economias são definidas como a diferença entre as simulações do período referência e as simulações pós melhorias.

A utilização do IPMVP tem vantagens tais como, a justificação dos pagamentos para o desempenho energético. Quando os pagamentos financeiros se baseiam em economias demonstradas de energia, a adesão ao IPMVP garante que as economias seguem boas práticas. As especificações do IPMVP como base para a realização de M&V de um projeto podem simplificar as negociações. A utilização do IPMVP concede uma credibilidade internacional aos relatórios apresentados [27].

## **SGIE**

Apesar do modelo IPMVP ser um dos mais utilizados pelas empresas ESE, a EDP (Elettricidade de Portugal) utiliza outro modelo, no âmbito do Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGIE), sendo a auditoria energética composta por duas fases. Na primeira efetua-se um relatório com a descrição detalhada das instalações, dos processos de fabrico e dos regimes de funcionamento. No relatório deve constar igualmente, os consumos de energia elétrica, as principais infraestruturas energéticas existentes, diagramas de consumos e diagramas das instalações elétricas do edifício em estudo. A segunda fase da auditoria abrange uma análise e tratamento dos dados recolhidos, efetuada às condições de funcionamento dos equipamentos de conversão e utilização de energia, aos balanços de massa e de energia e na determinação dos consumos energéticos. Após essa análise, elaborase um relatório da auditoria energética, que deve conter igualmente uma descrição das medidas de melhoria propostas no ponto de vista técnico e económico [32].



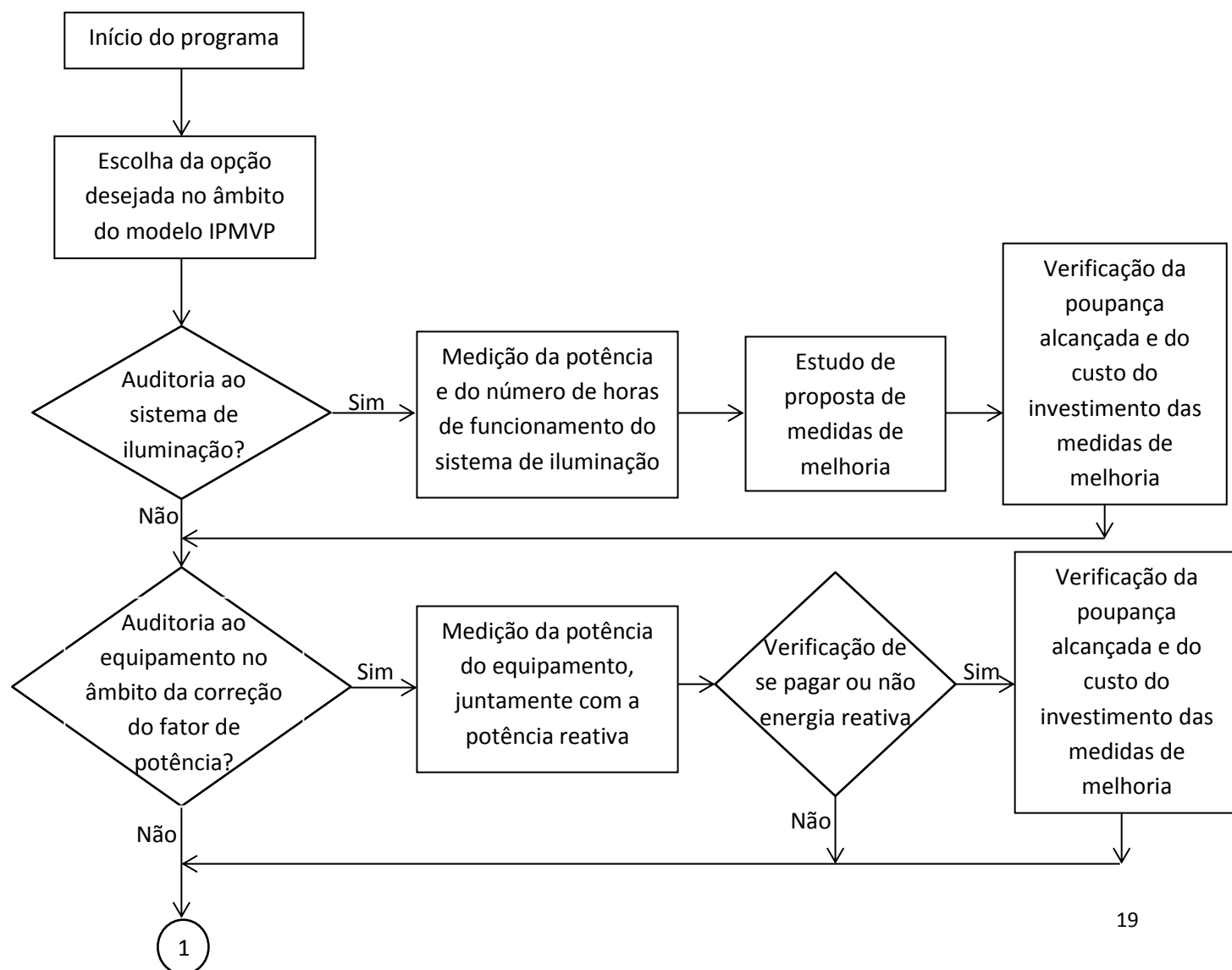
## Capítulo 3 – Metodologia no desenvolvimento da ferramenta de ajuda às auditorias energéticas

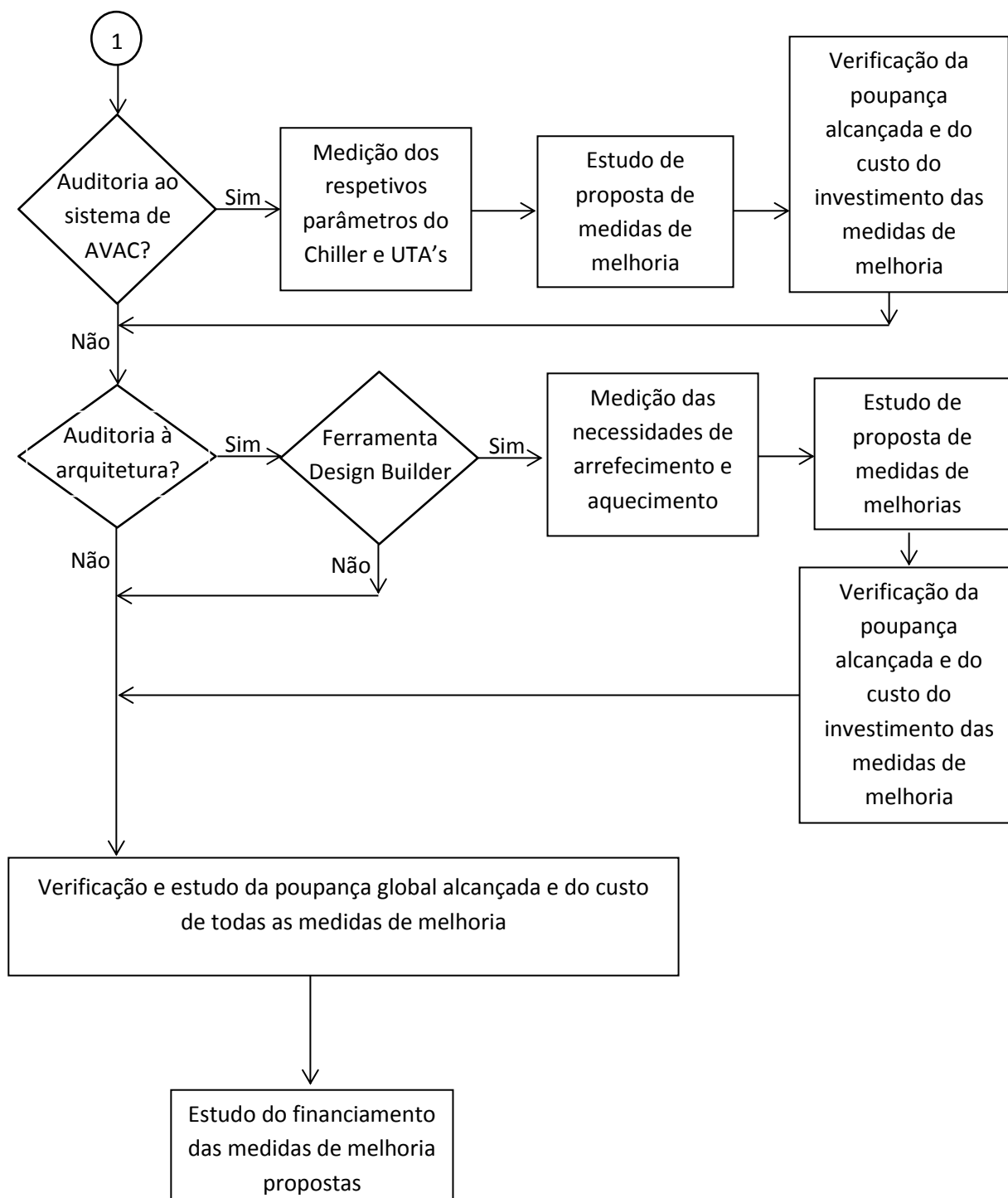
### 3.1. Metodologia

A ferramenta desenvolvida no âmbito desta dissertação, denominada por ESCOm, tem como base o Programa ECO.AP e o Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho, sendo utilizável em qualquer tipo de edifício, tanto público como privado. Trata-se de uma ferramenta de fácil utilização produzida em Microsoft Excel.

O ESCOm consegue produzir indicadores tais como percentagem de poupança energética e financeira, para várias medidas de melhoria, na iluminação, banco de condensadores, AVAC e arquitetura. Pode ainda visualizar-se cada uma individualmente, contendo no final um campo de conclusão, onde se podem juntar todas essas medidas de melhoria além de se poder escolher quais a aplicar, por forma a obter o melhor valor de poupança energética, sendo apenas necessário a realização de uma auditoria energética e introdução dos dados obtidos.

A figura 3 apresenta o fluxograma global do modelo utilizado na ferramenta desenvolvida para a dissertação, desde a escolha de opção no âmbito do IPMVP até à avaliação dos resultados globais.





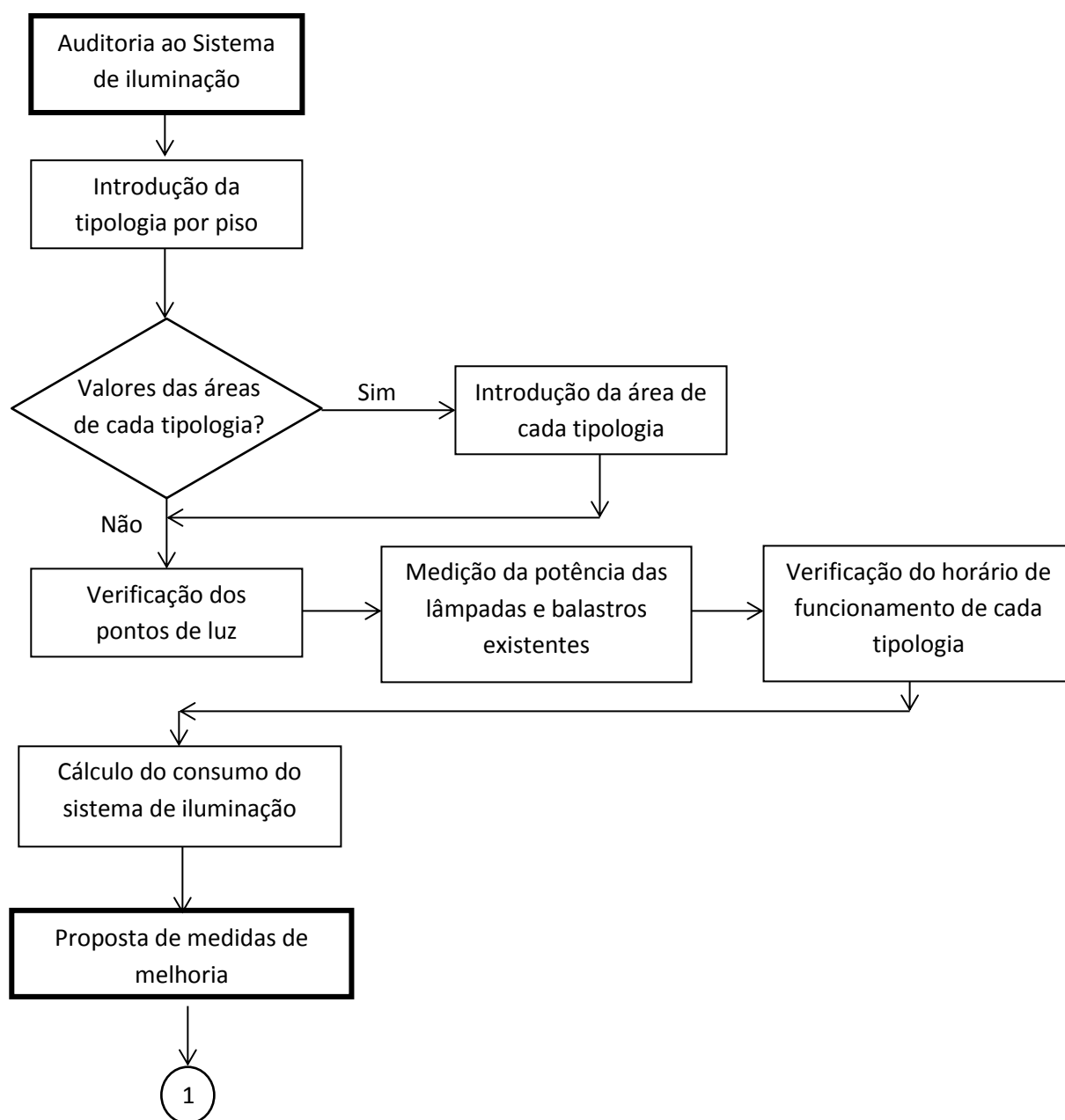
**Figura 3. Fluxograma do modelo utilizado na ferramenta ESCOM**

### 3.2. Modelo da ferramenta estudada em fluxograma

Para uma melhor compreensão do modelo utilizado na ferramenta em estudo, seguem-se os fluxogramas detalhados de cada sector passível de auditoria energética.

#### 3.2.1. Iluminação

A figura 4 apresenta o fluxograma detalhado, relativo ao sistema de iluminação, desde a auditoria ao o estudo de medidas de melhoria e análise da poupança adquirida, e ao custo do investimento.



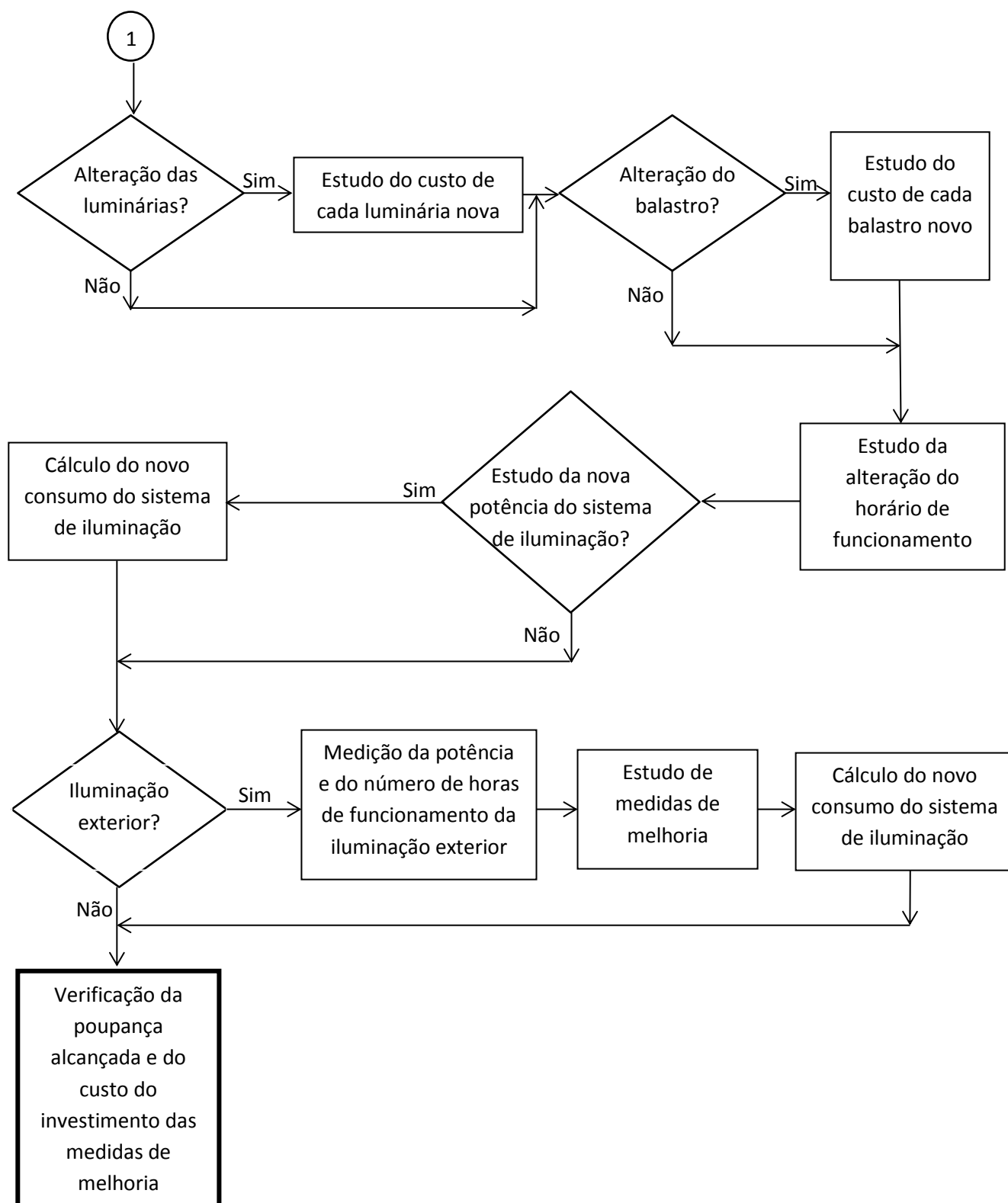
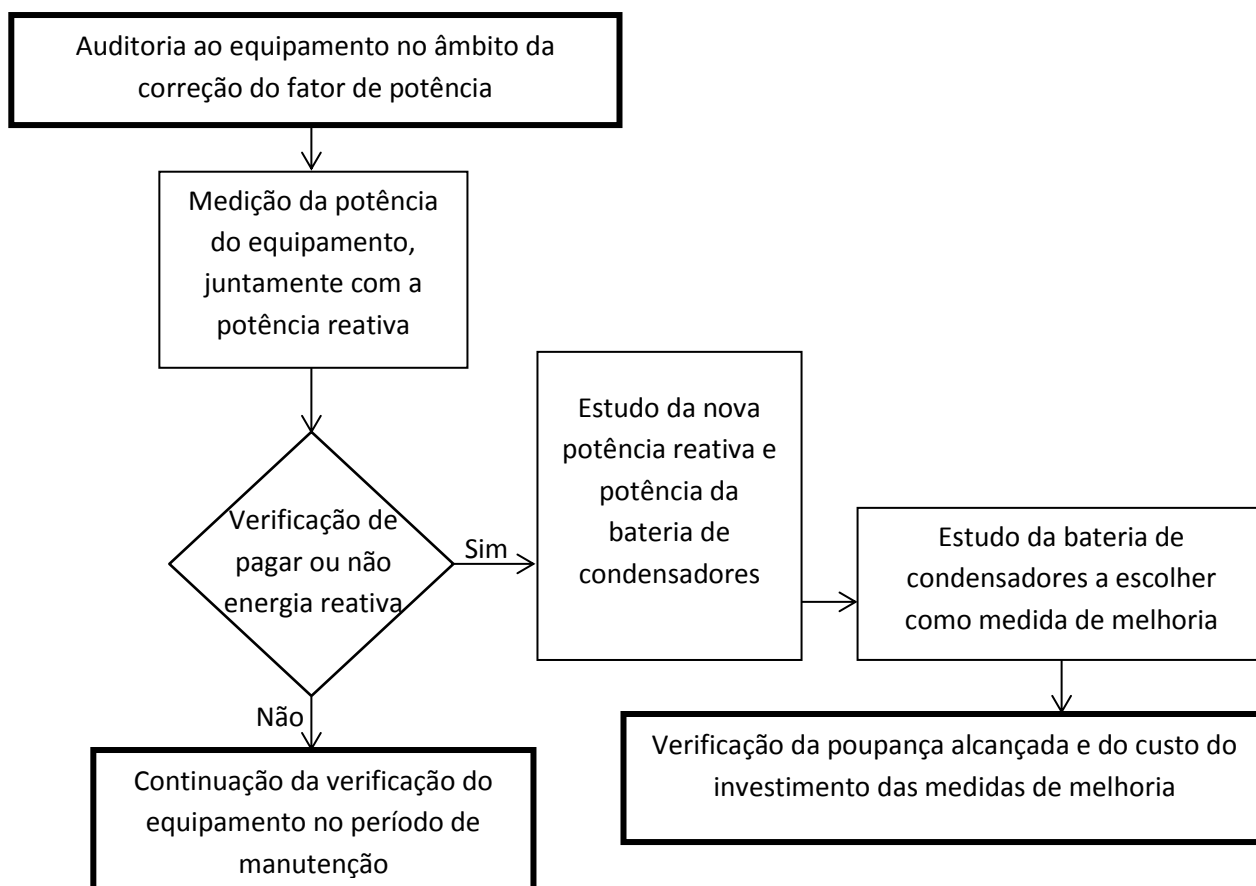


Figura 4. Fluxograma do modelo utilizado no sistema de iluminação

### 3.2.2. Equipamento – Correção do fator de potência

A figura 5 expõe o fluxograma do processo de auditoria a equipamentos elétricos para avaliação da energia reativa.



**Figura 5. Fluxograma do modelo utilizado no âmbito da correção do fator de potência**

### 3.2.3. AVAC

A figura 6 mostra o fluxograma relevante à auditoria ao sistema de AVAC, salientando os chilleres e UTAs.

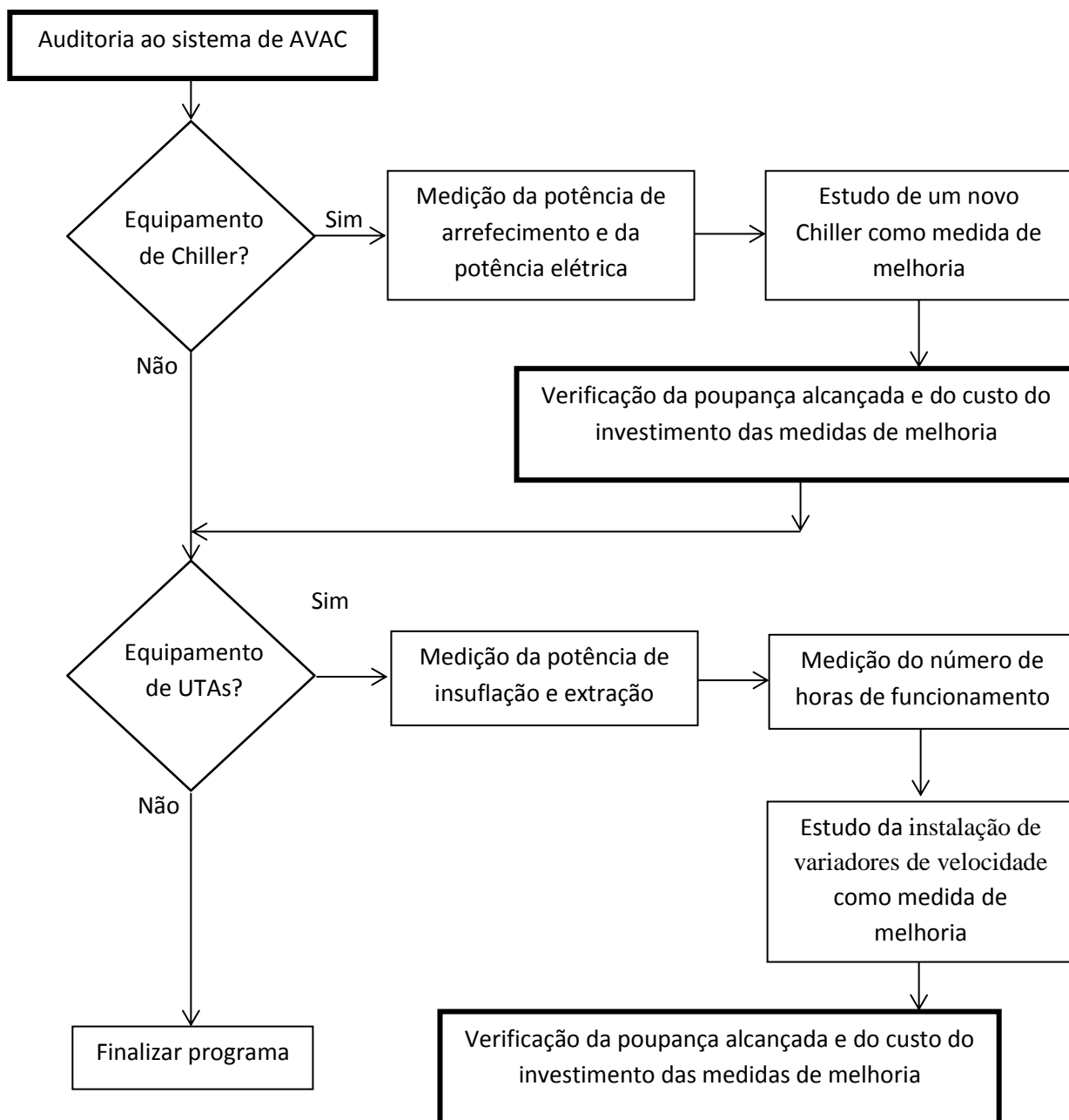


Figura 6. Fluxograma do modelo utilizado na auditoria ao sistema de AVAC



### 3.3. Implementação informática

#### 3.3.1. Iluminação

O setor da iluminação corresponde ao primeiro separador, que se encontra dividido em cinco partes, “Auditoria”, “Melhorias”, “Poupança Interior”, “Poupança Exterior” e “Custos”.

##### 3.3.1.1. Iluminação - Auditoria

O sector da *auditoria*, consiste em quatro tabelas de preenchimento rápido, onde se preenchem os dados retirados, tais como, o tipo de contrato, o número de pisos, a tipologia (havendo mais de 30 tipologias diferentes, tais como “Zona técnica”, “Estacionamento”, “Bar”, etc.), o número, a potência, o tipo de lâmpadas e balastro, as áreas e perfis de consumo. É de referir que está separada a iluminação interior da exterior, para uma melhor perceção dos dados obtidos.

O preenchimento foi estudado e trabalhado para permitir uma fácil compreensão e acesso, mesmo na primeira interação com o ESCOm, tendo em quase todas as células somente que se escolher dentro de uma lista a opção pretendida, como se pode verificar na figura 7.



**Figura 7. Preenchimento rápido das células**

Efetuada todo o preenchimento, os dados mais importantes que se retiram vão ser a potência instalada e o consumo anual, que são automaticamente fornecidos pelo ESCOm, após a introdução dos dados da auditoria.

A potência instalada é calculada da seguinte forma:

$$Potência\ (kW) = \sum (nb \times pb + nl \times pl)$$

Equação (2)

Onde:

nb – Número de balastros

pb – Potência de balastro

nl – Número de lâmpadas

pl – Potência de lâmpadas

O consumo anual é calculado da seguinte forma:

$$Consumo \left( \frac{kWh}{ano} \right) = \sum (pct \times pt)$$

Equação (3)

Onde:

pct – Perfil do consumo por tipologia

pt – Potência por tipologia

No qual o perfil trata-se do horário de funcionamento.

### 3.3.1.2. Iluminação - Melhorias

No sector das melhorias, os dados mais relevantes da auditoria encontram-se representados para uma melhor visualização e noção das possíveis alterações, avisando sempre que ocorre uma alteração, como se poder verificar na figura 8, onde as lâmpadas do tipo incandescentes são alteradas por PL-C e assim aparece automaticamente a palavra “Alterada”, para se possuir uma melhor visualização das lâmpadas alteradas.

Tipo de Lâmpada ANTIGA	Tipo de Lâmpada NOVA	Alterada
PL-C	PL-C	
Incandescentes	PL-C	Alterada
TL-D	LED T8	Alterada
PL-C	PL-C	
TL-D	LED T8	Alterada

Figura 8. Aviso de alteração - Iluminação

Neste sector pode alterar-se o tipo de lâmpadas e potência, considerando-se que se mantêm sempre o perfil de consumo constante. Assim consegue-se obter um novo valor da potência instalada e do consumo anual.

### 3.3.1.3. Iluminação - Poupança

Passando ao setor da *Poupança*, este foi dividido em poupança na iluminação interior e poupança na iluminação no exterior, obtendo-se, em ambas, um valor de poupança no consumo anual e poupança na potência instalada e na fatura, apresentando todos os valores em percentagem, podendo ainda visualizar a poupança global somente desta medida, como ilustram as figuras 9 e 10.

Consumo Antes (kWh/ano)	335.867
Consumo Depois (kWh/ano)	195.566
Poupança Energética (kWh/ano)	140.300
Poupança em %	41,77%
Consumo global da instalação (kWh/ano)	2.259.686
Poupança global em %	6%
Potência Instalada Antes (kW)	132,27
Potência Instalada Depois (kW)	89,357
Poupança na Potência Instalada (kW)	42,92
Poupança em %	32,45%

**Figura 9. Exemplo demonstrativo de poupanças - Iluminação**

	Preço da Eletricidade (€/kWh)	Consumo (kWh/ano)	Fatura (€)
Custo da fatura antes (Só iluminação) (€)	0,06	335.867	20.152
Custo da fatura depois (Só iluminação) (€)	0,06	195.566	11.734
Custo da fatura total anual(€) (Valor dado pela fatura)	198.198		
Poupança anual na fatura (€)	8.418		
Custo da fatura após a melhoria (€)	189.780		

**Figura 10. Poupança anual (€)- Iluminação**

O cálculo da poupança energética é efetuado da seguinte forma:

$$Poupança\ energética\ (kWh/ano) = cam - cdm$$

Equação (4)

Onde:

cam – Consumo anual antes da melhoria

cdm – Consumo anual depois da melhoria

O cálculo em percentagem do mesmo valor é executado do seguinte modo:

$$Poupança\ em\ \% = \frac{pen}{cam}$$

Equação (5)

Onde:

pen – Poupança energética

No cálculo da poupança da fatura, obtém-se primeiramente o custo da fatura antes e depois da melhoria, para de seguida se obter o valor da poupança da forma que se segue:

$$\text{Custo da fatura (€)} = pe * ca$$

Equação (6)

Onde:

pe – Preço da eletricidade

ca – Consumo anual

$$\text{Poupança anual na fatura (€)} = cfam - cfdm$$

Equação (7)

Onde:

cfam – Custo da fatura anual antes da melhoria

cfdm – Custo da fatura anual depois da melhoria

O cálculo em percentagem da poupança global é obtido a partir da equação 8:

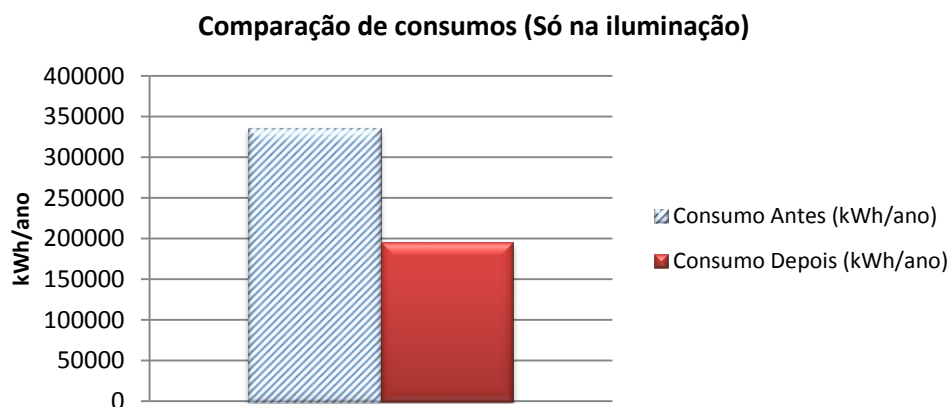
$$\text{Poupança global (\%)} = \left( \frac{rc}{ca} \right) \times 100\%$$

Equação (8)

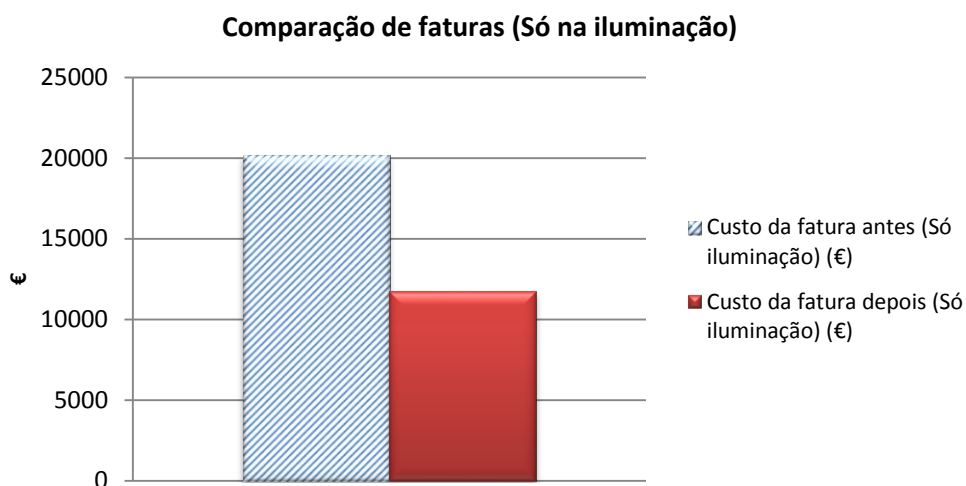
Onde:

rc – Redução no consumo

Neste ponto obtém-se, igualmente para uma melhor visualização dos dados, a comparação gráfica entre os consumos anteriores e posteriores às melhorias propostas, assim como um gráfico comparativo dos custos da iluminação na fatura anual, de mostram as figuras 11 e 12.



**Figura 11 . Exemplo demonstrativo da comparação de consumos (Só na iluminação).**



**Figura 12. Exemplo demonstrativo da comparação de faturas (Só na iluminação)**

#### 3.3.1.4. Iluminação - Custos

Por fim, a iluminação contém um separador pertencente aos *custos* do investimento, onde se verifica esse valor e o tempo de retorno (referindo sempre o ano e o mês), como mostra a figura 13.

Custo de lâmpadas (€)	14505,70	
Custo de mão de obra / montagem (€)		
<b>Custo Total (Investimento) (€)</b>	<b>14505,70</b>	
	<b>Anos</b>	<b>Meses</b>
<b>Tempo de Retorno do Investimento - Simplificado (Anos)</b>	9	4

**Figura 13. Exemplo demonstrativo do custo do investimento e o tempo de retorno - Iluminação**

O cálculo do custo investimento é realizado da seguinte forma:

$$Investimento \text{ (€)} = \left( \sum cl \right) + cmo$$

Equação (9)

Onde:

cl – Custo das lâmpadas

cmo – Custo de mão de obra

Há a ter em conta que num contrato de manutenção não existe custo de mão de obra.

O cálculo do tempo de retorno simples é realizado da seguinte forma:

*Para o ano:*

$$\text{Retorno (Ano)}(\text{Arredondar o valor por defeito}) = \frac{i}{paf}$$

Equação (10)

Onde:

i – Investimento

paf – Poupança anual na fatura

*Para o mês:*

$$\text{Retorno (Mês)}(\text{Arredondar o valor por defeito}) = \frac{i}{paf} - \left( \frac{i}{paf} \right)^* \times 12$$

Equação (11)

\* -Valor arredondado por defeito

### 3.3.2. Equipamento – Correção do fator de potência

Neste bloco foi estudado e realizado um método, onde introduzindo a potência ativa (kW) e a potência reativa (kvar) se obtêm as horas onde se paga e onde não se paga a energia reativa. Do mesmo modo se obtém uma nova potência reativa, calculada de forma a não se pagar a reativa, adquirindo assim um valor da potência da bateria de condensadores, como se pode verificar na figura 14.

Nos cálculos há a ter em conta que para não se pagar a energia reativa, tem de se obter uma  $\text{tg}(\phi) \leq 0,3$ , perante as novas regras de faturação de energia reativa [33].

Horas	P - Potência (kW)	Q - Potência Reativa (kvar)	Ver se paga ou não reativa	Q' (Nova Potência Reativa) (kvar)	Potência de condensadores (kvar)
1	70	34	Paga	21	13
2	71	21,3	Não paga	0	0
3	71	35	Paga	21,3	13,7
4	71	35	Paga	21,3	13,7

Figura 14. Obtenção dos valores pretendidos – Correção do fator de potência

O cálculo da nova potência reativa (Q') é obtido da seguinte forma:

$$Q'(kvar) = 0,3 \times pa$$

Equação (12)

Onde:

pa – Potência ativa

Para se obter a potência da bateria de condensadores, o cálculo é realizado da seguinte forma:

$$\text{Potência Bateria (kvAr)} = pra - prd$$

Equação (13)

Onde:

pra – Potência reativa antes da melhoria

prd – Potência reativa depois da melhoria

O maior valor obtido, na equação 13, e após uma cuidada análise de custos, será o valor escolhido para a bateria de condensadores.

Neste mesmo setor do equipamento, encontram-se somente para consulta os valores típicos de consumo de alguns equipamentos, como mostra a figura 15.

	Consumo (W)
Desktop	120
Monitores	80
Portáteis	30

Figura 15. Valores típicos de consumo – Equipamento [34]

### 3.3.3. AVAC

No setor do AVAC, o ESCOM encontra-se dividido em Auditoria Chiller, UTAS, Chiller – Melhorias e Chiller – Custos e Poupança.

#### 3.3.3.1. AVAC – Auditoria Chiller

No setor da auditoria chiller, é possível introduzir todos os dados necessários, sendo que, relacionado com o chiller é fornecido automaticamente um valor de degradação, para chillers entre os 5 a 10 anos de vida útil e para chillers de 10 a 15 anos [35]. As figuras 16 e 17 são exemplo disso.

Marca	Modelo	Nº de chillers	Potência - Capacidade de Arrefecimento (kW)	Potência elétrica (kW)	Eficiência (kW/kW)	Para Chillers entre os 5-10 anos	Para Chillers entre os 10-15 anos
						Eficiência com 20 % de degradação	Eficiência com 40 % de degradação
Carrier	30 GX 082	2	285	98	2,91	2,33	1,74

Figura 16. Dados do chiller

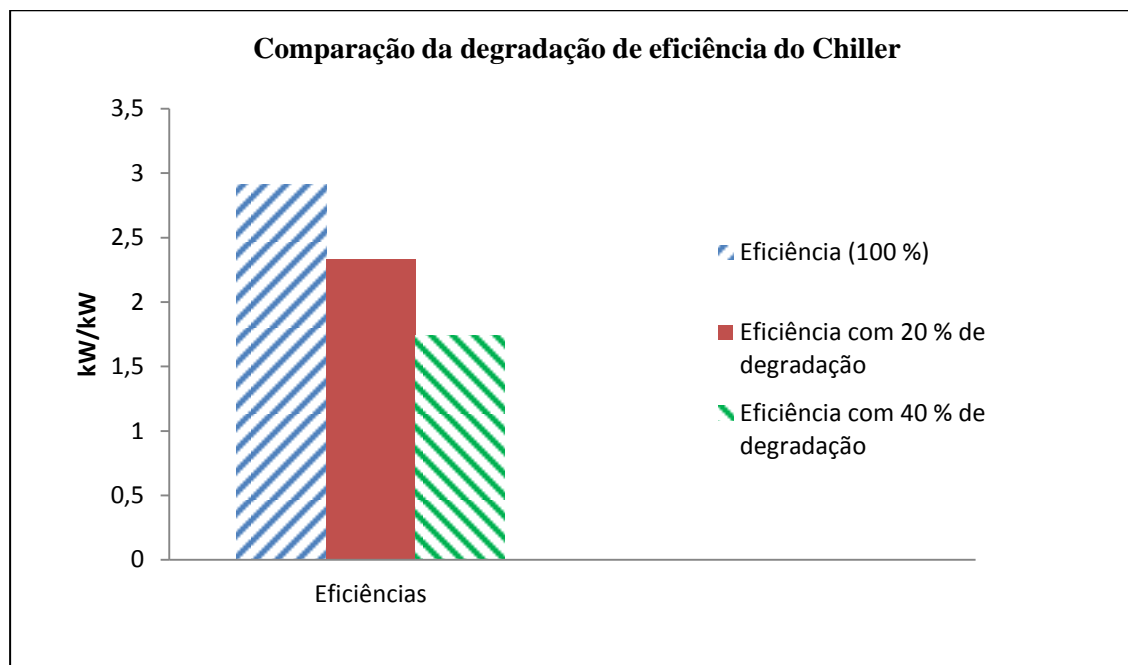


Figura 17. Comparação gráfica da degradação de eficiência do Chiller



O cálculo da eficiência (*EER*) do chiller é realizado da seguinte forma:

$$EER = \frac{pca}{pe}$$

Equação (14)

Onde:

pca – Potência de capacidade de arrefecimento

pe – Potência elétrica

Para se obter a eficiência com 20 e 40% de degradação, o cálculo é efetuado da seguinte forma:

$$X\% \text{ de degradação} = EER - EER \times X \%$$

Equação (15)

Em que o *X* é a percentagem de degradação.

Na melhoria do chiller, encontra-se o modelo antigo, sendo necessário introduzir a marca e o modelo do novo chiller, como se verifica na figura 18.

Marca	Modelo antigo	Modelo	Alterado	Nº de Chillers	Potência - Capacidade de Arrefecimento (kW)	Potência elétrica (kW)	Eficiência (kW/kW)
Carrier	30 GX 082	30 XA 0302	Alterado	2	291,5	97,7	2,98

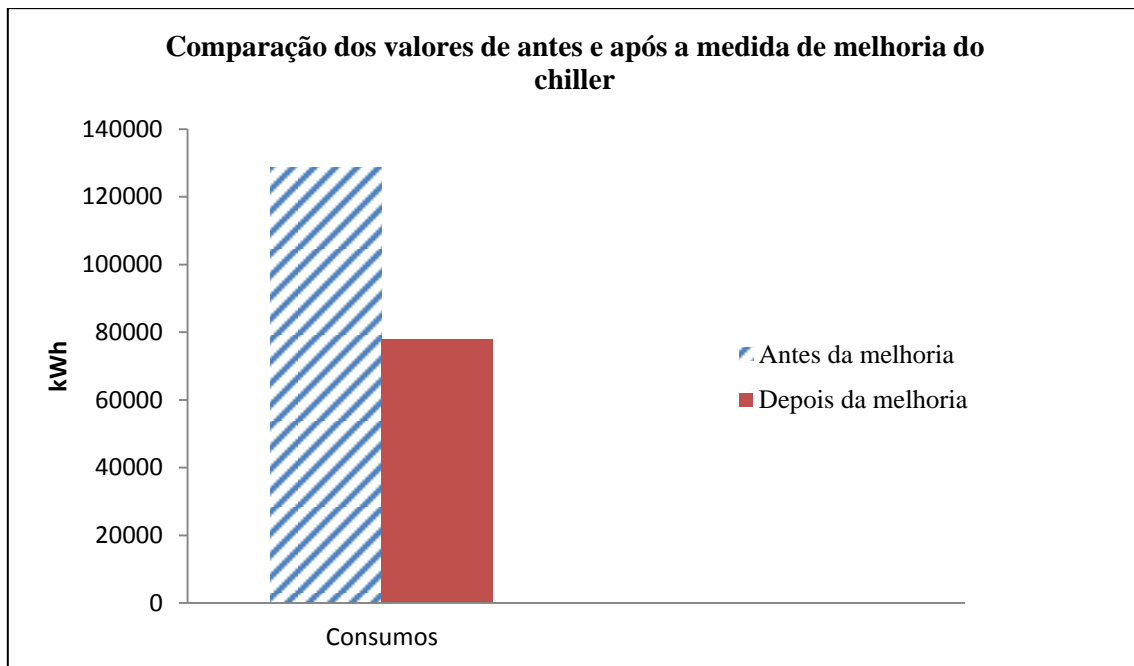
**Figura 18. Dados do novo chiller**

No que diz respeito ao setor dos custos e poupança do chiller, encontra-se neste campo o custo do investimento, a redução energética, o tempo de retorno do investimento, a poupança anual na fatura e a poupança energética no global do edifício.

Para se obter o consumo antes e depois da melhoria, tem de se recorrer a um programa de simulação, tendo sido utilizado nesta dissertação o Design Builder, que se trata de uma ferramenta que permite modelação de edifícios em 3D e atribuição de dados característicos de construção, ocupação, horário de funcionamento e sistemas de AVAC, para dessa forma poder visualizar-se o comportamento do edifício em estudo. Assim foram obtidos os dados de arrefecimento e dessa forma determinada a redução energética, o preço da eletricidade e a poupança anual, como se apresenta nas figuras 19 e 20.

Com recurso ao programa Design Builder	Cooling (kWh)	Redução energética (kWh)	Preço da Eletricidade (€)	Poupança anual (€)
Antes da melhoria	128.703	50.912	0,06	3.054
Depois da melhoria	77.791			

**Figura 19. Dados de melhorias, com recurso ao Design Builder**



**Figura 20. Comparação gráfica dos valores de antes e após a medida de melhoria do chiller**

O valor da poupança anual é obtido segundo a seguinte equação:

$$\text{Poupança anual (€)} = re \times pe$$

Equação (16)

Onde:

re – Redução energética

pe – Preço da energia

De referir que a redução energética é obtida através da equação (4).

O cálculo da poupança da medida de melhoria de alteração do chiller, é realizado através da equação (8).

O tempo de retorno do investimento é calculado pelas equações (10) e (11).

### **3.3.3.2. AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) – UTA (Unidade de Tratamento de Ar)**

Passando para a divisória da UTA, encontra-se em primeiro uma tabela para a introdução dos dados necessários da auditoria, sendo que contém UTAs de referência, para uma melhor interação e visualização, com consta a figura 21.

Marca	Modelo	Referencia	Local	Horário	Motor de Insuflação (kW)
		UTA - Auditório			
		UTA - Arquivo Biblioteca			
		UTA - Arrumos Loja			
		UTA - ...			

**Figura 21. UTAs de referência para a auditoria**

De acordo com o Guia de Procedimentos para Emissão e Registo de DCRs (Declarações de Conformidade Regulamentar) e CEs (Certificados Energéticas e da qualidade do ar interior) [36], a instalação de variadores de velocidade permitirá uma economia que varia entre os 20% e 35% e assim sendo, é pedido para seleccionar o valor mais aconselhável, como refere a figura 22.

Calculo do tempo de retorno simples para os Variadores de Velocidade, tendo em conta uma poupança energética de (20 a 35 %):	
	<div> 0,20  0,21  0,22  0,23  0,24  0,25  0,26  0,27 </div>

**Figura 22. Escolha da percentagem da poupança.**

É possível visualizar os dados da energia antiga e da energia nova, tanto do motor de insuflação como de extração, nas referidas energias, bem como a redução energética, numa tabela geral e individual, para um estudo mais em detalhe podendo seleccionar-se a UTA pretendida, como consta na figura 23.

UTA - Motor de Insuflação	UTA	Motor (kW)	Horário	Energia antiga (kWh)	Nova Energia (kWh)	Redução energética (kWh)	Preço da Eletricidade (€)	Poupança anual (€)	Investimento (€)
UTA - Biblioteca		3	8760	26280,000	21024,000	5256,000	0,06	315,36	521
UTA - Sala de Exp. 12									
UTA - Reservas									
UTA - Biblioteca									
UTA - Bar Auditório									
UTA - Escritório Piso 2									
UTA - Camarins									

**Figura 23. Tabela individual - UTA.**

O valor da energia antiga, tanto de insuflação como extração, é obtido pela seguinte equação:

$$\text{Energia antiga (Insuflação ou Extração) (kWh)} = \text{Potência (Insuflação ou Extração)} \times \text{Horário de funcionamento}$$

Equação (17)

Em relação à nova energia, tanto de insuflação como extração, o cálculo é obtido da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
 &\textbf{Energia nova (Insuflação ou Extração) (kWh)} \\
 &= \textbf{Energia antes da melhoria (Insuflação ou Extração)} \\
 &- (\textbf{Energia antes da melhoria (Insuflação ou Extração)}) \\
 &\times (\textbf{Valor escolhido de percentagem de poupança})
 \end{aligned}$$

Equação (18)

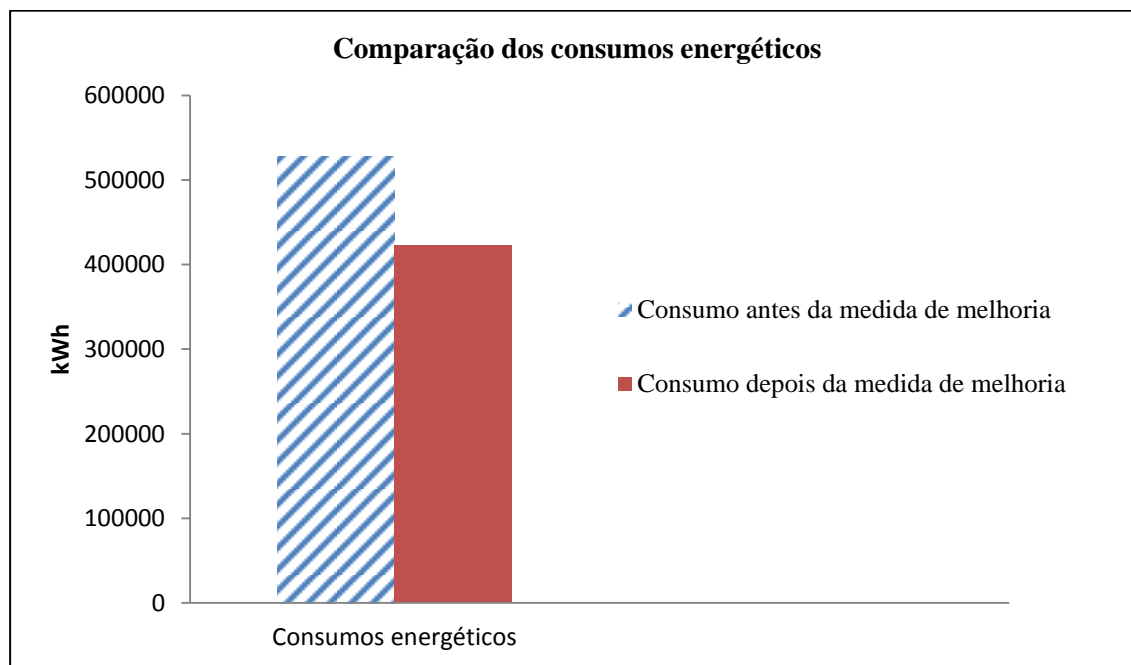
Para se obter o valor da redução energética tem de se considerar a equação (4).

O cálculo da poupança global da melhoria é realizado através da equação (8), sendo calculados os novos valores de energia, redução energia e poupança anual, como se verifica na figura 24.

Nova Energia (kWh)	Redução energética (kWh)	Poupança anual (€)
422694	105673	6337

**Figura 24. Tabela global perante as medidas de melhoria nas UTAs**

Na figura 25 pode verificar-se graficamente a comparação entre o consumo antes e depois da medida de melhoria energética.



**Figura 25. Comparação gráfica dos consumos energéticos**

O tempo de retorno do investimento é calculado pelas equações (10) e (11).

### 3.3.4. Arquitetura

No separador da arquitetura requer-se igualmente, como no separador do AVAC, a utilização de um programa de simulação, para se obterem os valores das necessidades de arrefecimento e aquecimento. Neste caso foi utilizado o programa de simulação Design Builder. Do mesmo modo, encontra-se separado em auditoria, melhoria e custos.

#### 3.3.4.1. Arquitetura – Auditoria

No setor da auditoria seleccionamos o tipo de vidro e de caixilharia existente no edifício e, com recurso ao Design Builder, introduzimos os valores das necessidades de arrefecimento e aquecimento anuais. Figura 26.

Tipo de vidro	Simple	
Tipo de caixilharia	Simple Duplo	
	Necessidade de Arrefecimento (kWh/ano)	Necessidade de Aquecimento (kWh/ano)
Com recurso ao programa Design Builder	81666,73	500394,14

Figura 26. Dados da auditoria na arquitetura

#### 3.3.4.2. Arquitetura – Melhoria

No setor da melhoria, encontram-se os valores da auditoria e introduzem-se os novos obtidos, e dessa forma são registados automaticamente os valores da poupança, quer financeira quer energética, como se podem verificar nas figuras 27 e 28.

Antes da melhoria (kWh/ano)	582060
Depois de melhoria (kWh/ano)	575923
Poupança (kWh/ano)	6137,85
Poupança em %	1%

Figura 27. Dados da medida de melhoria na arquitetura

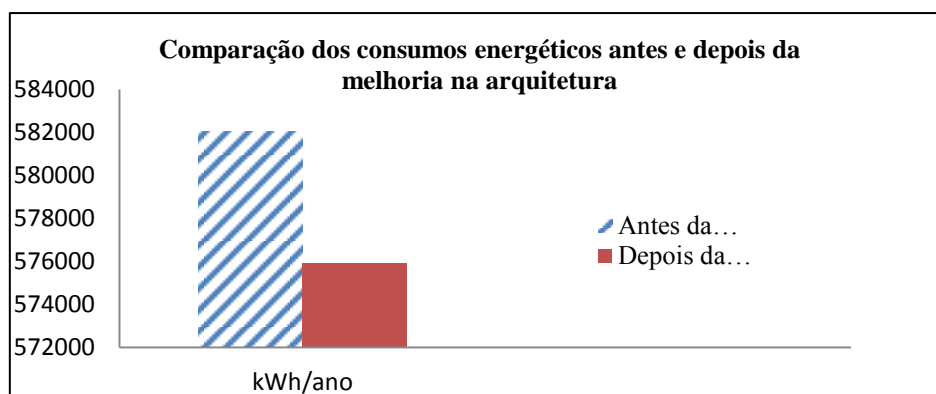


Figura 28. Comparação gráfica dos consumos energéticos antes e depois da melhoria na arquitetura

Os novos dados são igualmente fornecidos pelo Design Builder, como regista a figura 29.

	Antes	Depois	
Tipo de vidro	Simple	Duplo	Alterada
Tipo de caixilharia	Madeira	PVC	Alterada

	Necessidade de Arrefecimento (kWh/ano)	Necessidade de Aquecimento (kWh/ano)
Com recurso ao programa Design Builder, com a melhoria	84.764	491.158

**Figura 29. Dados da medida de melhoria na arquitetura**

Para se obter o valor da redução energética considera-se a equação (4), sendo que o cálculo da poupança global da melhoria é realizado através da equação (8).

### **3.3.4.3. Arquitetura – Custo**

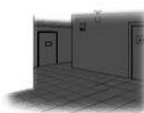
Na parcela do *custo* é apresentado o custo total por metro quadrado, a poupança na fatura e o tempo de retorno do investimento na melhoria.

O tempo de retorno do investimento é calculado pelas equações (10) e (11) e a poupança anual na fatura é obtida pela equação (16).

### **3.3.5. GTC (Gestão Técnica Centralizada)**

O sistema GTC, igualmente conhecido por SGT (Sistema de Gestão Técnica), controla, gere e toma decisões sobre tarefas necessárias ao funcionamento de uma instalação, como por exemplo, iluminação, AVAC e sensores.

Neste setor e tendo em conta o caso prático, que será apresentado no capítulo 4, o edifício em estudo contem um GTC, no qual se podem ligar diversos sensores. Na ferramenta ESCOm só se encontram disponíveis os custos de sensores de CO<sub>2</sub>, humidade, temperatura e sensores de presença, como mostra a figura 30.



**ESCO**

Sensor de CO<sub>2</sub>, de humidade e de temperatura

Marca	Modelo	Valores de Medição de CO <sub>2</sub>	Valores de de Medição da humidade	Valores de Medição da temperatura	Valor (€)	Quantidade	Valor total (€)
Elektronik	EE80	0 ... 2000/5000 ppm	10 ... 90 %	-5 ... 55°C	328		0

Site de compra dos sensores:

[https://www.elfaelectronics.com/elfa3~ex\\_en/elfa/init.do?toc=19481&name=co\\_sensors](https://www.elfaelectronics.com/elfa3~ex_en/elfa/init.do?toc=19481&name=co_sensors)

Sensores de presença

Marca	Modelo	Valor (€)	Quantidade	Valor total (€)
Finder	18.01	28,91		0

Site de compra dos sensores:

<http://www.kuantokusta.pt/4/69310/Sensor-de-presenca-p-interior-parede--finder-180182300000>

**Figura 30. GCT**

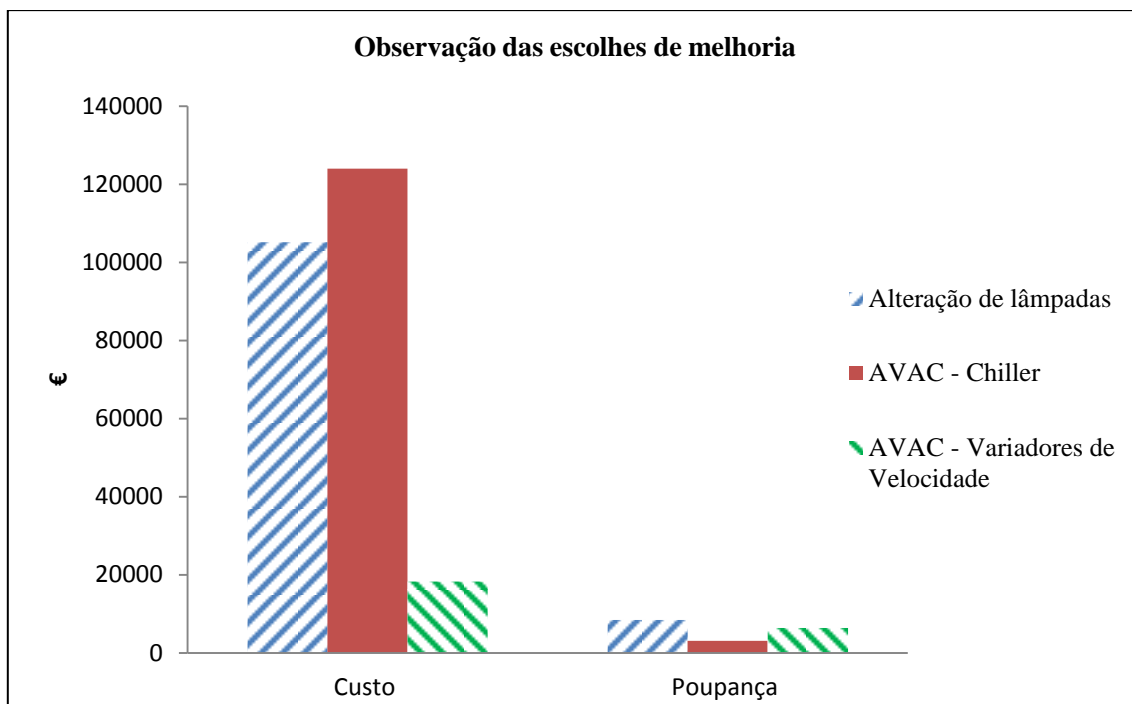
### 3.3.6. Conclusão

No separador da conclusão encontram-se todas as medidas estudadas, onde se indicam os valores do custo de investimento por medida de melhoria e igualmente os valores de poupança na fatura e no consumo.

Por fim, poder-se-ão seleccionar as medidas que realmente se pretendem, sendo fornecido automaticamente um custo total, uma poupança na fatura total e uma poupança energética, igualmente global. É fornecido também o tempo de retorno do investimento total e a percentagem de poupança do consumo energético, como se vêm nas figuras 31 e 32.

	Escolher investimentos	Custo (€)	Poupança (€)	Poupança (kWh/ano)
Alteração de lâmpadas	Sim	105.135	8.418	140.300
Correção do Fator de Potência	Não			
AVAC - Chiller	Sim	124.000	3.054	50.912
AVAC - Variadores de velocidade	Sim	18.219	6.337	105.673
Arquitetura	Não	0	0	0
Fornecedor de Energia	Não			
Total		247.354	17.810	296.886

**Figura 31. Escolha das melhores medidas de melhoria**



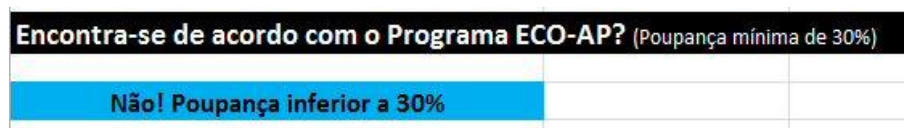
**Figura 32. Observação gráfica das medidas de melhoria**

O cálculo da poupança do consumo global é realizado através da equação (8) e o tempo de retorno do investimento pelas equações (10) e (11).

Tendo esta dissertação como base o Programa ECO.AP, onde se tem que garantir uma poupança de 30% no consumo energético global, neste separador encontra-se automaticamente disponível a informação de respeitar ou não o Programa ECO.AP. As figuras 33 e 34 mostram isso mesmo.



**Figura 33. Verificação válida com o Programa ECO-AP**



**Figura 34. Verificação inválida com o Programa ECO-AP**

### 3.3.7. Financiamento

Neste setor pretende-se estudar a possibilidade de um financiamento, verificando-se as várias taxas de juro possíveis em concordância com a taxa Euribor e o número de anos em que se pretende efetuar o pagamento do financiamento. Este estudo teve por base a ajuda dos bancos BES (Banco Espírito Santo) e Montepio.



Assim, introduzindo o montante do empréstimo pretendido, a taxa de juro, a Euribor e o prazo do empréstimo, obtemos os valores do montante total a ser pago, o montante anual e por fim, o montante mensal. Pode-se sempre comparar com as diferentes taxas de Euribor.

A taxa de juro, consoante a informação fornecida por ambos os bancos, pode variar entre os 4% e os 14%. Essa variação está associada a quatro tipos de risco: o risco do setor energético (a sua variabilidade), o risco da empresa (tendo em conta uma análise financeira da mesma), o risco do prazo de pagamento e o risco do próprio mercado. Pode escolher-se o prazo de empréstimo pretendido, como atesta a figura 35.

Empréstimo	Taxa de juro	Euribor a 1 mês	Euribor a 3 meses	Euribor a 6 meses	Euribor a 12 meses
200.000,00 €	4%	0,176%	0,451%	0,735%	1,01%
	Para Euribor a 1 mês	Para Euribor a 3 meses	Para Euribor a 6 meses	Para Euribor a 12 meses	
Prazo do empréstimo (Anos)	Montante a ser pago	Montante a ser pago	Montante a ser pago	Montante a ser pago	
13	208.352 €	208.902 €	209.470 €	210.022 €	
	Montante anual	Montante anual	Montante anual	Montante anual	
	16.027 €	16.069 €	16.113 €	16.155 €	
	Montante mensal	Montante mensal	Montante mensal	Montante mensal	
	1.335 €	1.339 €	1.342 €	1.346 €	

**Figura 35. Exemplo de financiamento**

### 3.3.8. Folha de apoio a auditoria (Folha Baseline)

Neste setor encontram-se folhas de apoio às auditorias, designadas normalmente por, folhas baseline, de fácil preenchimento para a auditoria. A baseline serve de comprovativo às medições efetuadas durante a auditoria. Encontra-se no anexo 1 a respetiva folha de baseline.



## Capítulo 4 – Análise de caso prático

### 4.1. Aplicação prática do ESCOm

Com base no programa ECO.AP, a metodologia estudada foi testada na Fundação de Serralves – Museu de Serralves. Há que ter em conta que se trata de uma aplicação a um edifício privado.

A escolha da Fundação de Serralves foi feita em concordância com a MANVIA, uma vez que se iria realizar a certificação energética da mesma. Assim sendo, pôde-se acompanhar a auditoria energética, obter os dados necessários, e, deste modo, efetuar a realização prática e real do programa ECO.AP no ESCOm.

A Fundação de Serralves, está sediada num edifício com distintos tipos de tipologia, tais como biblioteca, gabinetes, auditório, restaurante, entre outros. Localizado na freguesia de Lordelo do Ouro, concelho do Porto. O Museu de Serralves é um edifício de exposições constituído por cinco pisos, perfazendo uma área total de 18.042 m<sup>2</sup>, dos quais 9.546 m<sup>2</sup> são considerados área útil, com um consumo anual de energia de 2,3 GWh.

O edifício encontra-se situado na zona climática I2V1N<sup>3</sup>, localizado a cerca de 1,80 km da costa atlântica, o número de graus-dias de aquecimento<sup>4</sup> é de 1.610°C·dias, a duração da estação de aquecimento é de 6,7 meses, a temperatura externa de projeto é de 30°C e a amplitude térmica é de 9°C [37]. A figura 36 representa a Fundação de Serralves.



**Figura 36. Localização e enquadramento do imóvel no terreno<sup>5</sup>**

<sup>3</sup> Portugal está dividido em três zonas climáticas de verão e de inverno, correspondendo respetivamente a V1, V2, V3, I1, I2 e I3, onde o número 1 representa uma zona menos quente e menos fria e o valor 3 representa uma zona mais quente e mais fria. As zonas de verão estão divididas em região norte e sul, no qual a região sul abrange os concelhos de Lisboa e Santarém, para além de toda a área a sul do rio Tejo.

<sup>4</sup> Graus-dia de aquecimento é um número que caracteriza a severidade de um clima durante a estação de aquecimento e que é igual ao somatório das diferenças positivas registadas entre uma temperatura de base (20°C) e a temperatura do ar exterior durante a estação de aquecimento.

<sup>5</sup> Foto do Google Maps

## **4.2. Medidas de Racionalização Energética**

No que concerne à medida de racionalização energética relacionada com a iluminação, esta destina-se à redução das necessidades energéticas do edifício, através da substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas energeticamente mais eficientes, mantendo no entanto, o nível de luz (luxs) existente, proporcionando assim uma redução significativa de consumo energético associado à iluminação. Para a determinação da estimativa na redução dos consumos energéticos anuais considerou-se, com base nas faturas, um preço de energia elétrica de 0,06 €/kWh. De acordo com os dados fornecidos pelo cliente, considerou-se utilização média de horas por dia para cada tipologia, que se encontra em anexo.

Para o cálculo do valor de investimento e do período de retorno, considerou-se os valores PVP (Preço de Venda ao Público) especificados nos catálogos do fabricante/fornecedor. Neste estudo não está contemplado o custo de instalação e acresce o IVA à taxa em vigor.

Para o caso específico da substituição da iluminação existente na Biblioteca, considerada como obra de arte, optou-se por uma solução mais eficiente com sendo a redução no nível de luz. Esta opção teve em consideração a necessidade de aprovação do autor.

No que respeita à medida de racionalização energética relacionada com as Unidades de Tratamento de Ar (UTAs), esta destina-se à instalação de variadores de velocidade nos motores dos ventiladores, os quais permitem uma economia significativa, tendo-se adotado neste estudo uma redução de 20% no consumo elétrico destes equipamentos, segundo o ponto 3.2.16, da versão 3 do Guia de Procedimentos para Emissão e Registo de DCRs e CEs de 06/10/2011. Neste estudo foram contactados alguns fornecedores tendo-se obtido um valor global de proposta para instalação de variadores de velocidade em todos os ventiladores das UTAs (insuflação e extração), quadro elétrico e ligação ao sistema de Gestão Técnica. De forma a analisar isoladamente a instalação de cada variador optou-se por ponderar o valor global da proposta de acordo com a potência de cada ventilador. Neste estudo não está contemplado o custo de instalação e acresce o IVA à taxa em vigor.

Em relação aos vãos envidraçados, compostos por caixilharias de madeira com vidro simples, existentes no edifício, estudou-se a sua substituição por vãos envidraçados compostos por caixilharias em PVC com vidro duplo.

Finalmente, foi realizado um estudo de viabilidade económica tendo em vista a substituição dos dois Chiller's existentes por novos equivalentes. Os Chiller's existentes contam com uma eficiência (EER) de catálogo de 2,91, no entanto, uma vez que os Chiller's já se encontram em funcionamento há 14 anos, considerou-se uma taxa de depreciação de 40%, tendo-se obtido uma eficiência real de 1,74. Neste estudo considerou-se a existência de bancos de gelo já instalados no Museu de Serralves e as horas de carga/descarga a eles associadas, não estando contemplada a alteração no circuito primário e secundário de tubagens, o custo de instalação e acresce o IVA à taxa em vigor [38].

### 4.3. Estudo de investimento

#### 4.3.1. Iluminação

Propõem-se alterações ao sistema de iluminação nos seguintes departamentos da Fundação Serralves,

- no piso zero, na zona técnica um e salas de computadores;
- no piso um, na zona técnica um, circulação dois, arrumos/arquivos dois, armazéns, salas de exposição, biblioteca, gabinetes, auditório e estacionamento;
- no piso dois, propõem-se alterações na zona técnica um, circulação três, salas de exposições, biblioteca, gabinetes, auditórios, camarins e bar;
- no piso três, na zona técnica dois, circulação quatro, sala de exposições, auditório e livraria,
- no piso quatro na zona técnica um, sala de exposição, gabinetes, salas de refeições e sala de preparação de refeições.

Por fim propõe-se alteração das lâmpadas de emergência.

No anexo três encontram-se todas as tabelas referentes as alterações propostas e de seguida encontra-se a tabela referente à zona técnica um.

Zona técnica 1

- Lâmpadas incandescentes de 40 W por lâmpadas PL-C de 8 W;
- Lâmpadas de TL-D de 58 W por lâmpadas de LED T8 de 28 W.

Tabela 1. Proposta de alteração de iluminação					
Piso	Potência anterior [W]	Potência da nova solução [W]	Quantidade de lâmpadas	Potência total antiga [kW]	Potência total nova [kW]
0	40	8	17	6,770	3,076
	58	28	105		

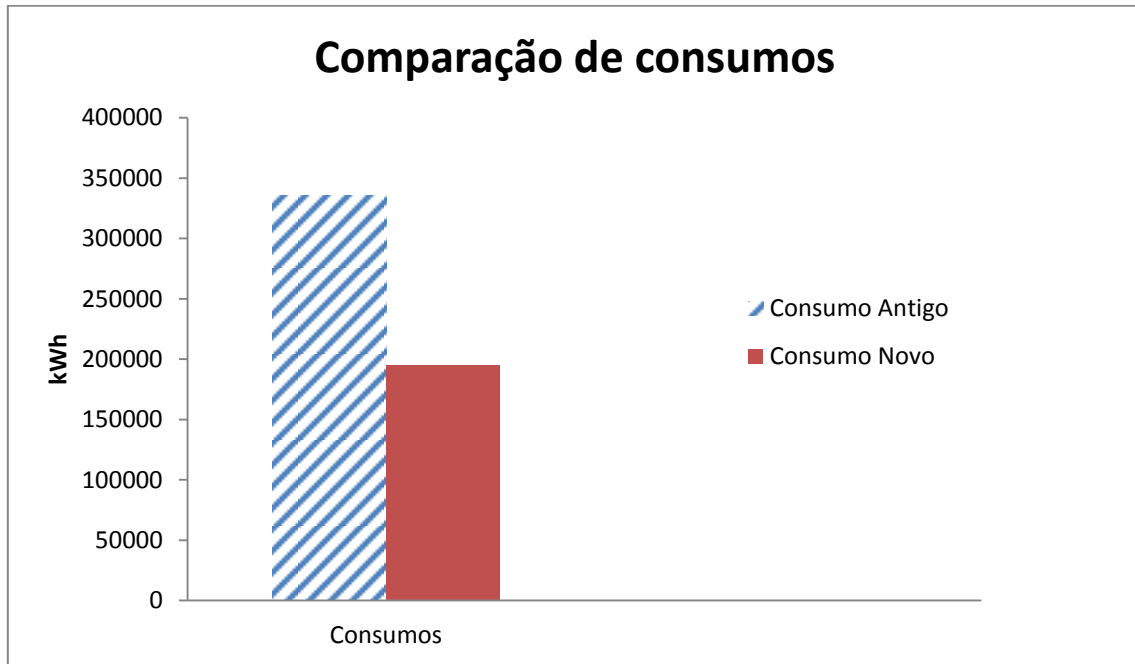
Este estudo contempla a substituição de lâmpadas convencionais por lâmpadas energeticamente mais eficientes. A redução da potência total instalada em sistemas de iluminação interior é de 3,694 kW, originando uma redução no consumo energético de 1.348 kWh/ano.

Em resumo, dos estudos efetuados com a implementação de todas as medidas de iluminação, obtêm-se os seguintes resultados, da tabela 2:

**Tabela 2. Estudo do investimento**

	<b>Investimento [€]</b>	<b>Poupança anual [€]</b>	<b>Consumo Antigo [kWh]</b>	<b>Consumo Novo [kWh]</b>	<b>Redução Energética [kWh]</b>
Solução proposta	105.135	8.418	335.867	195.566	140.300

A figura 37 consiste na comparação gráfica entre o consumo antes da implementação da medida de melhoria e depois, para uma melhor visualização.



**Figura 37. Comparação gráfica dos consumos globais após a implementação das medidas de melhoria na iluminação**

#### 4.3.2. Variadores de Velocidades nos Motores das UTAs

Propõe-se a instalação de variadores de velocidade em todos os motores das UTAs existentes. No anexo quatro encontra-se a tabela com a listagem das UTAs, bem como todas as tabelas referentes ao estudo da proposta apresentada. De seguida encontra-se ainda a tabela referente à UTA do auditório.

- Variadores de Velocidade para UTA – Auditório

**Tabela 3. Proposta de instalação de variadores de velocidade**

<b>UTA – Motor de Insuflação [kW]</b>	<b>Variador de Velocidade [kW]</b>	<b>Custo [€]</b>	<b>UTA – Motor de Extração [kW]</b>	<b>Variador de Velocidade [kW]</b>	<b>Custo [€]</b>
4	5	923	3	4	692

- Motor de Insuflação:

Este estudo contempla a instalação de um variador de velocidade, de modo a conseguir uma poupança energética de 20%, originando uma redução no consumo energético de 319 kWh/ano e um custo estimado de 923 € para o variador de velocidade, da marca SEW-EURODRIVE e modelo MOVITRAC MCLTE B0055 5A3-4-00, resultando num período de retorno simples de 48 anos e 2 meses, como consta na tabela 4.

**Tabela 4. Estudo do investimento**

	<b>Investimento [€]</b>	<b>Poupança anual [€]</b>	<b>PRS [ano e mês]</b>
Solução proposta	923	19	48 e 2

- Motor de Extração:

Este estudo contempla a instalação de um variador de velocidade de modo a conseguir uma poupança energética de 20 %, originando uma redução no consumo energético de 239 kWh/ano e um custo estimado de 692 € para o variador de velocidade, da marca SEW-EURODRIVE e modelo MOVITRAC MCLTE B0040 5A3-4-00, resultando num período de retorno simples de 48 anos e 2 meses, como refere a tabela 5.

**Tabela 5. Estudo do investimento**

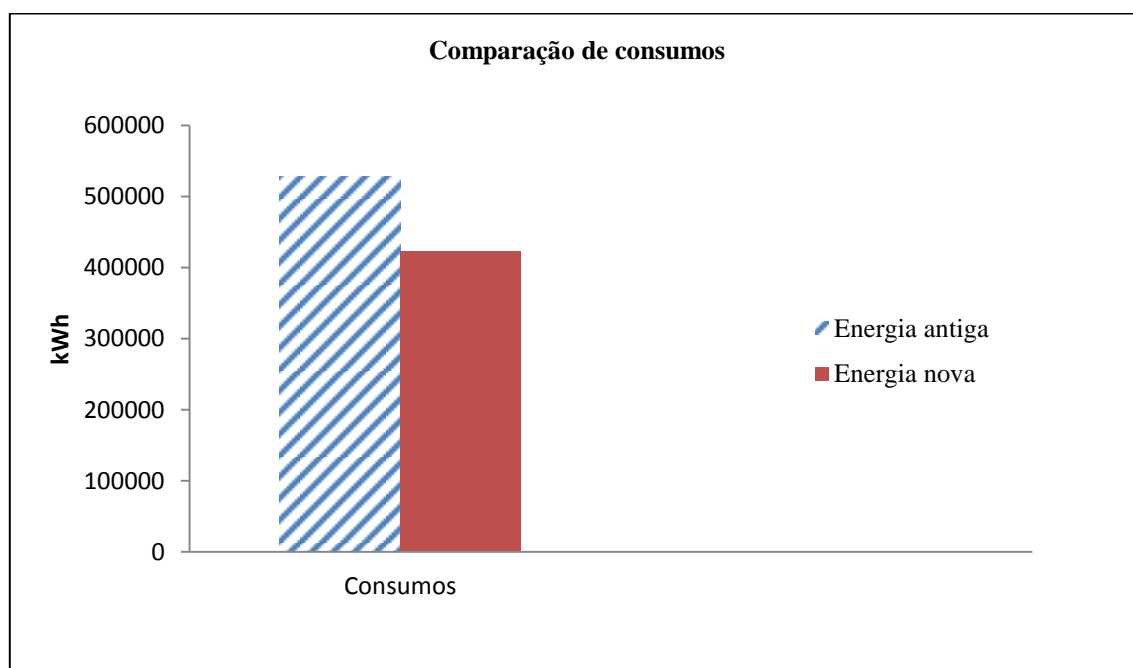
	<b>Investimento [€]</b>	<b>Poupança anual [€]</b>	<b>PRS [ano e mês]</b>
Solução proposta	692	14,36	48 e 2

Em resumo, dos estudos efetuados com a instalação de todos os variadores de velocidade nos motores de insuflação e de extração das UTAs existentes obtém-se os valores constantes na tabela 6.

**Tabela 6. Estudo do investimento**

	<b>Investimento [€]</b>	<b>Poupança anual [€]</b>	<b>Energia Antiga [kWh]</b>	<b>Energia Nova [kWh]</b>	<b>Redução Energética [kWh]</b>
Solução proposta	18.430	6.349	529.160	423.328	105.832

Para uma melhor visualização e comparação dos consumos energéticos, relevantes às medidas de melhoria nas UTAs, verifica-se na figura 38 o confronto gráfico da energia antiga e da nova, após as medidas de melhoria propostas.



**Figura 38. Confronto da energia antiga e da nova, após as medidas de melhoria propostas, nas UTAs**



#### 4.3.3. Substituição das caixilharias existentes

Relativamente às caixilharias propõem-se as seguintes alterações:

1. Alteração de vidro simples para duplo;
2. Alteração de caixilharia de madeira para PVC.

Com recurso ao programa Design Builder obtiveram-se os dados das tabelas 7, 8 e 9.

**Tabela 7. Solução existente**

<b>Vidro</b>	<b>Caixilharia</b>	<b>Necessidade de Arrefecimento [kWh/ano]</b>	<b>Necessidade de Aquecimento [kWh/ano]</b>
Simplex	Madeira	81.666	500.394

**Tabela 8. Solução proposta**

<b>Vidro</b>	<b>Caixilharia</b>	<b>Necessidade de Arrefecimento [kWh/ano]</b>	<b>Necessidade de Aquecimento [kWh/ano]</b>
Duplo	PVC	84764	491158

**Tabela 9. Estudo do investimento**

<b>Solução existente [kWh/ano]</b>	582.060
<b>Solução proposta [kWh/ano]</b>	575.923
<b>Redução energética [kWh/ano]</b>	6.137
<b>Poupança anual [€]</b>	368
<b>Investimento [€]</b>	81.084
<b>PRS [anos e mês]</b>	220 e 2

Este estudo contempla a substituição das caixilharias de madeira com vidro simples por caixilharias em PVC com vidro duplo. As novas caixilharias deverão ser compostas por PVC e vidros duplos incolores 4 mm + 12 mm de caixa-de-ar + 4 mm, resultando num coeficiente de transmissão térmica (U) de 2,5 W/m<sup>2</sup>.°C. O investimento estimado do trabalho é de 224 €/m<sup>2</sup>, sendo que o custo calculado para a substituição de todos os vãos envidraçados do edifício é de 81084 €, resultando num período de retorno elevado, o qual não é aconselhável fazer-se o investimento. Este valor não inclui mão-de-obra nem remoção das caixilharias existentes, acrescido do IVA à taxa existente.

A figura 39 expõe a comparação de consumos energéticos, para se poder concluir, melhor, na implementação ou não da medida de melhoria.

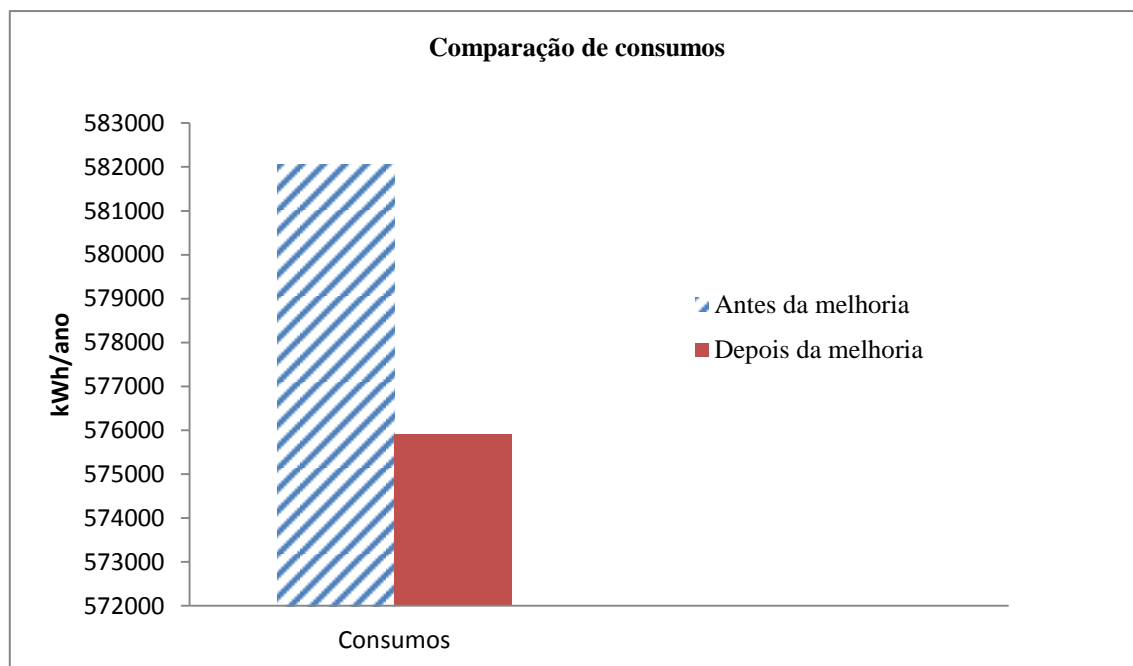


Figura 39. Comparação dos consumos anuais com a substituição das caixilharias

#### 4.3.4. Substituição dos Chiller's

Propõe-se a seguinte alteração a nível de chiller:

- Substituição dos dois chiller's, modelo 30 GX 082, da marca Carrier, pelo modelo 30 XA 0302 equivalente, da marca Carrier como se verifica nas tabelas 10 e 11.

Tabela 10. Solução existente

Marca	Modelo	Potência - Capacidade de Arrefecimento [kW]	Potência Elétrica [kW]	Eficiência (Catálogo) [kW/kW]	Eficiência (-40 % de degradação) [kW/kW]
Carrier	30 GX 082	285	98	2,91	1,74

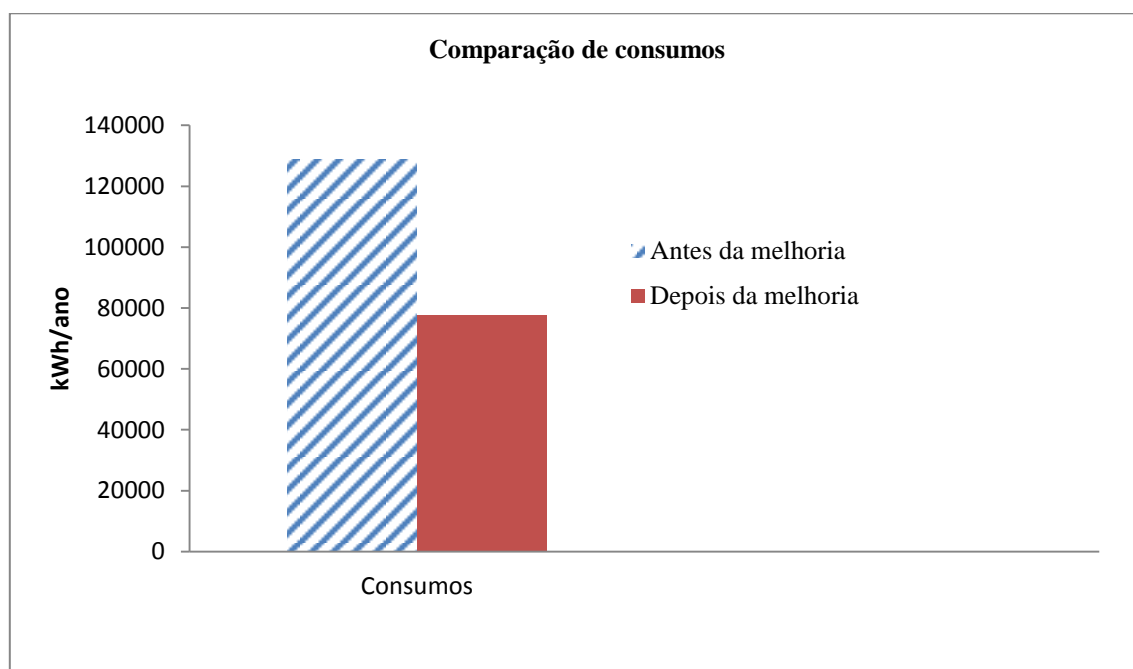
Tabela 11. Solução proposta

Marca	Modelo	Potência - Capacidade de Arrefecimento [kW]	Potência Elétrica [kW]	Eficiência [kW/kW]
Carrier	30 XA 0302	291	97	2,98

Na tabela 12 constam os valores obtidos do investimento com a utilização do programa de simulação Design Builder, sendo que a figura 40 demonstra a comparação dos valores dos consumos anuais, antes e após a medida de melhoria.

**Tabela 12. Estudo do investimento**

<b>Solução existente [kWh/ano]</b>	128.704
<b>Solução proposta [kWh/ano]</b>	77.791
<b>Redução energética [kWh/ano]</b>	50.913
<b>Poupança anual [€]</b>	3.055
<b>Investimento [€]</b>	124.000
<b>PRS [ano e mês]</b>	40 e 7



**Figura 40. Paralelo do consumo antes e depois da medida de melhoria no Chiller**

A análise efetuada foi feita comparando o chiller de eficiência 2,98, verificando-se que a poupança anual obtida é de 50913 kWh/ano, o que equivale a uma poupança de 3055 €/ano. Face ao investimento previsto de 124000 €, calcula-se um período de retorno simples de 40 anos e 7 meses.

#### 4.3.5. Resumo dos estudos de racionalização energética

Em anexo encontra-se a tabela resumo, completa, de todas as medidas propostas, relativamente à poupança energética, investimento e poupança anual. Podendo visualizar de seguida o resultado total na tabela 13.

**Tabela 13. Tabela resumo**

	<b>Poupança Energética [kWh/ano]</b>	<b>Investimento [€]</b>	<b>Poupança anual [€]</b>
<b>Total</b>	303.024	328.438	18.178

#### 4.4. Resultado/Conclusão

Tendo em conta cada medida proposta, e a realização de todas, alcançamos os valores de tempo de retorno do investimento, poupança do consumo em percentagem e poupança na fatura, igualmente em percentagem, representados nas tabelas 14 e 15.

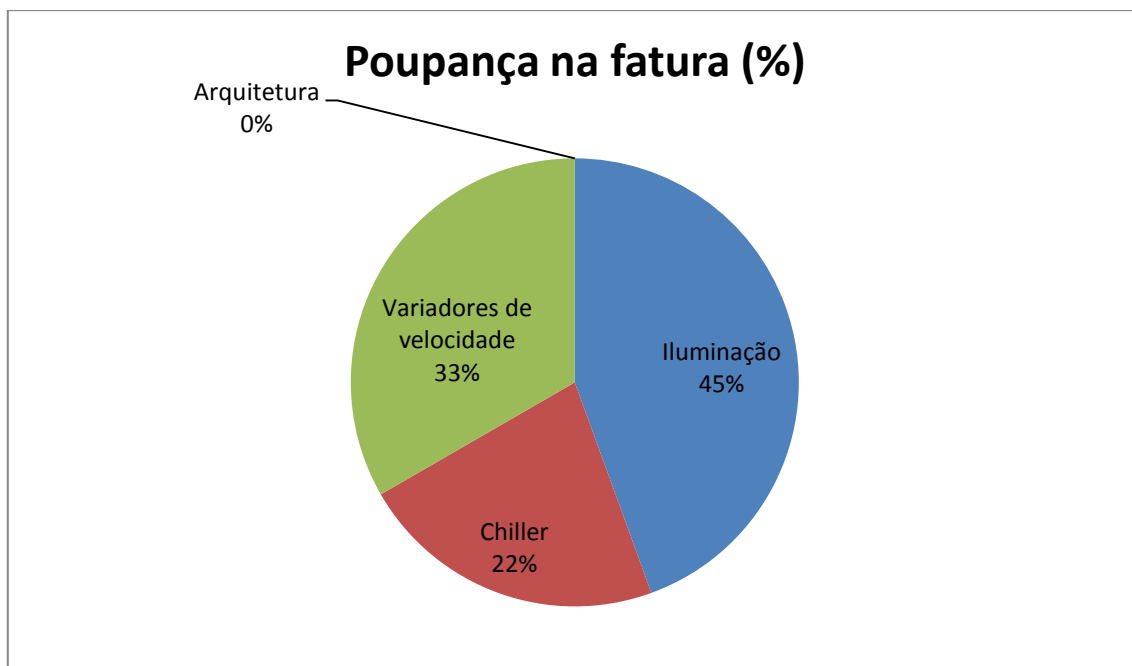
**Tabela 14. Tabela resumo, global**

<b>Tempo de Retorno [ano e mês]</b>	<b>Poupança na fatura em %</b>	<b>Poupança do consumo em %</b>
18 e 0	9 %	13 %

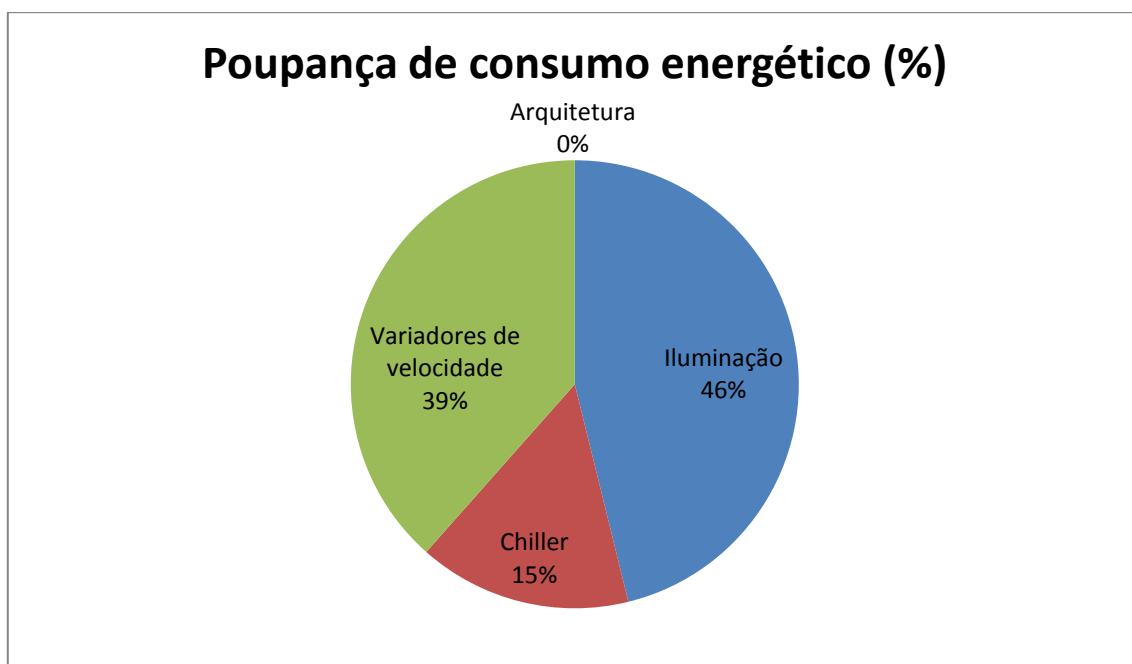
**Tabela 15. Tabela resumo dos distintos setores**

<b>Setores</b>	<b>Poupança na fatura em %</b>	<b>Poupança do consumo em %</b>
Iluminação	4	6
Chiller	2	2
Variadores de velocidade	3	5
Arquitetura	0	0

As figuras 41 e 42 apresentam graficamente as poupanças percentuais alcançadas, relativas ao sistema de iluminação, chiller, variadores de velocidade e arquitetura, para uma melhor perceção dos valores obtidos.



**Figura 41. Representação gráfica da poupança alcançada na fatura, em percentagem**



**Figura 42. Representação gráfica da poupança alcançada no consumo energético, em percentagem**

Fazendo um estudo aos valores obtidos, chegamos rapidamente à conclusão que a implementação da medida de substituição das caixilharias existentes é uma opção inválida, devido à sua insignificante redução energética e ao seu elevado custo de implementação, podendo assim ser retirada. Deste modo verifica-se que se alcança uma redução significativa no tempo de retorno do investimento, passando de 18 para 13 anos e 10 meses e que permanecem inalteradas as percentagens de redução.

Poder-se-á então concluir que se pode contar com várias soluções energéticas, mas nem todas são válidas, sendo que neste caso são escolhidas, para melhorias, a alteração de lâmpadas, a alteração do chiller e a instalação de variadores de velocidade, garantindo uma redução energética de 13%, com um tempo de retorno do investimento de 13 anos e 10 meses. Dados apresentados nas tabelas 16, 17 e 18.

**Tabela 16. Estudo das melhorias 1.**

	Escolher investimentos	Custo [€]	Poupança [€]	Poupança [kWh/ano]
Alteração de lâmpadas	Sim	105.135	8.418	140.300
AVAC - Chiller	Sim	124.000	3.054	50.912
AVAC - Variadores de velocidade	Sim	18.219	6.337	105.673
Caixilharia	Sim	81.084	368	6.137
Total	-	328.438	18.178	303.024

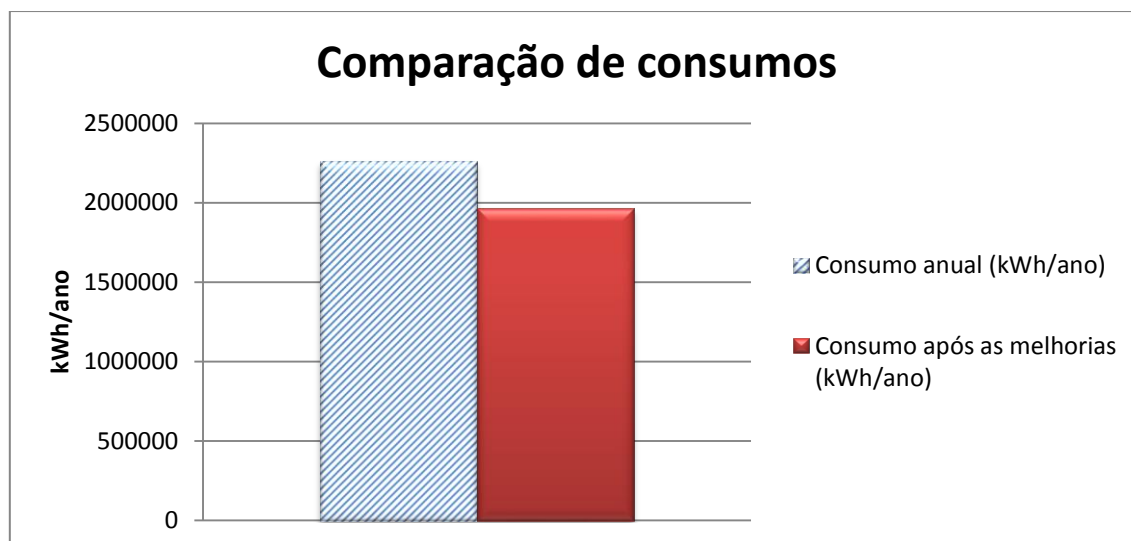
**Tabela 17. Estudo das melhorias 2 (Sem melhoria de Caixilharia).**

	Escolher investimentos	Custo [€]	Poupança [€]	Poupança [kWh/ano]
Alteração de lâmpadas	Sim	105.135	8.418	140.300
AVAC - Chiller	Sim	124.000	3.054	50.912
AVAC - Variadores de velocidade	Sim	18.219	6.337	105.673
Caixilharia	Não	0	0	0
Total	-	247.354	17.810	296.886

**Tabela 18. Resumo global, sem substituição das caixilharias existentes.**

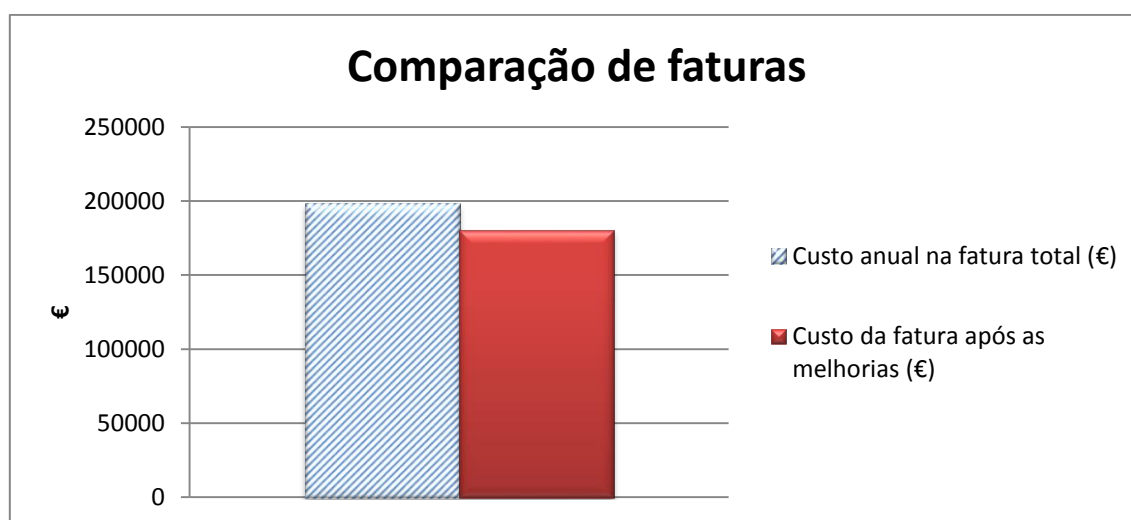
Tempo de Retorno [ano e mês]	Poupança na fatura em %	Poupança do consumo em %
13 e 10	9 %	13 %

Visualiza-se graficamente a comparação dos consumos, antes e depois das medidas recomendadas na figura 43 apresentada.



**Figura 43. Comparação de consumos anuais.**

Em relação aos custos anuais de eletricidade, consegue-se uma redução de 9% com as medidas propostas, reduzindo de 198.198 € para 180.387 €, com uma poupança anual de 17.810 €, como consta na figura 44.



**Figura 44. Comparação dos custos anuais.**





## Capítulo 5 - Conclusão

O âmbito desta dissertação é a criação de uma ferramenta de apoio a auditorias energéticas, que tenha por base o protocolo internacional de medição e verificação de desempenho e seja fiável para o programa ECO.AP.

Começando por referir o programa ECO.AP, o qual foi acompanhado a sua evolução final, através de seminários, pode-se concluir da existência de falhas, como sendo uma delas a obrigatoriedade de uma redução de 30% do consumo energético. Este valor não foi sempre o mesmo, sendo de início 20% com base no Programa Europeu 20-20-20. Com a alteração do Governo Português em 2011, alterou-se o valor de 20% para os 30%, tornando-se complexa essa mesma redução. O programa ECO.AP, apesar de conter algumas falhas, representa um grande potencial de investimento e, certamente, só com as ESE se tornará possível alcançar e garantir reduções energéticas na ordem dos 30%. É um programa que certamente alargará horizontes de investimento para outros programas semelhantes, sobretudo no setor privado.

A ferramenta desta dissertação, encontra-se voltada para a auditoria energética, com base na M&V, servindo para a Auditoria Simples, do programa ECO.AP, da qual sairão as duas melhores propostas de redução energética. Sendo que serve igualmente para a auditoria completa, garante sempre os resultados apresentados na proposta inicial. Trata-se de uma ferramenta com erros associados aos dados introduzidos, pois normalmente apresentam estimativas e não medições, como por exemplo o número de horas de funcionamento. É de concluir a boa visualização das poupanças garantidas, possibilitando uma grande ajuda na proposta inicial, na primeira fase do concurso ECO.AP, devido à sua base ser o protocolo internacional de medição e verificação de desempenho, que consegue determinar com melhor garantia as economias previstas após a implantação das medidas de melhoria.

Por fim, e no que se refere ao caso prático, é de salientar que se trata de um edifício privado e não do setor público, no qual já se praticavam medidas de melhoria e onde se encontra uma maior consciencialização de práticas de poupança, mas, mesmo assim, com a ajuda da ferramenta em estudo, é possível garantir uma poupança energética de 13%, longe ainda dos 30% obrigatórios, referidos pelo programa ECO.AP, trata-se contudo de uma boa poupança, visto estarmos no setor privado, o qual já demonstra cuidados com a economia.

Com a ajuda deste caso prático, verificaram-se as funcionalidades totais da ferramenta em estudo, a facilidade na obtenção dos dados e o fácil poder da escolha de opções de melhoria no final, para melhor se poder escolher quais as medidas de melhoria que se podem aplicar, de modo rentável, sendo que, no caso de estudo, obteve-se como melhoria inviável a alteração do vão envidraçado.

Numa conclusão global, esta dissertação apresenta os mais recentes pontos do programa ECO.AP e o seu grande potencial, a importância e mais-valia do acompanhamento do modelo de protocolo internacional de medição e verificação de desempenho, mostrando igualmente que com a ajuda da ferramenta realizada para estudo, se pode facilmente obter bons resultados, para a primeira fase do programa ECO.AP como para outro contrato de Serviços Energéticos, podendo sempre comparar medidas de melhoria, os vários tipos de investimento e ainda o tão importante tempo de retorno.

### **5.1. Trabalho Futuro**

A ferramenta pode ainda ser melhorada, através do estudo de painéis solares e sua implementação no programa ESCOm, que representa uma mais valia, já que no âmbito de AQS (Águas Quentes Sanitárias) se vai tornar numa fatia importante de poupança energética, tendo em conta o tipo de instituição a analisar.

Um outro contributo ao programa ESCOm, é o estudo de painéis fotovoltaicos. Esse estudo pode incidir quer na produção elétrica para venda à rede, quer na produção para uso próprio. A produção de energia não é contabilizada no programa ECO.AP, porém pode ser aplicada noutros projetos.

## Referências Bibliográficas

- 
- [1] Comissão Europeia, “Comunicação da comissão ao parlamento Europeu, ao conselho, ao comité económico e social europeu e ao comité das regiões”, Bruxelas, 2010
- [2] <http://www.esco-europe.com/> (Consultado em 23/11/11)
- [3] <http://www.adene.pt/pt-pt/Actividades/Paginas/Eco-AP.aspx> (Consultado em 04/08/2013)
- [4] <http://ecoap.adene.pt/24> (Consultado em 04/08/2013)
- [5] Despacho Normativo n.º 15/2012, de 3 de julho (2.ª série) – Regulamento do Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços Energéticos
- [6] L. Amaral; “INGENIUM”, Número 122, 2011
- [7] <http://www.publico.pt/economia/noticia/liberalizacao-do-mercado-da-energia-resulta-em-precos-mais-baixos-1589867> (Consultado em 11/07/2013)
- [8] N. Soares, “Investimentos Financeiros em Contratos de Performance Energética na Indústria”, Smartwatt.
- [9] “Conferência ESCO Europe 2010”, ADENE
- [10] R. Ascenso, “ESCO (Energy Service Companies) Um novo mercadeio de serviços energéticos”, artigo da revista Climatização.
- [11] Diário da República do Decreto-Lei n.º 29/2011 de 28 de fevereiro
- [12] “Guia sobre Empresas de Serviços de Energia (ESE)”, FUNDACIÓN DE LA ENERGÍA DE LA COMUNIDAD DE MADRID
- [13] R. Guimarães, “Caraterização do Modelo ESCO”, Bilobite Engenharia Lda., FEUP
- [14] “Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho”, Comissão Europeia
- [15] Despacho Normativo n.º 15/2012, de 3 de julho (2.ª série) – Regulamento do Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços Energéticos
- [16] <http://www.dgeg.pt/?cn=83098476AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA> (Consultado em 11/07/2013)
- [17] M. Matias, “As empresas de Serviços Energéticos e as TICE”, Fevereiro 2012
- [18] <http://www.esco-europe.com/> (Consultado em 23/11/11)
- [19] A. Marino, P. Bertoldi, S. Rezessy, “Energy Service Companies Market in Europe”, 2010
- [20] <http://www.x-rates.com/d/EUR/USD/hist2008.html> (Consultado em 17/07/2012)
- [21] <http://pt.loobiz.com/moeda-conversor/us-dolar+euro> (Consultado em 17/07/2012)
- [22] [http://ecoap.adene.pt/pt\\_PT/ambito;jsessionid=E53CE1CCC2B98508CD1807C71B679513](http://ecoap.adene.pt/pt_PT/ambito;jsessionid=E53CE1CCC2B98508CD1807C71B679513) (Consultado em 11/07/2012)
- [23] EDP – Energias de Portugal, S.A., “Guia prático da eficiência energética”, Sair da Casca
- [24] <http://www.portal-eficienciaenergetica.com.pt/conceitos.html>
- [25] Decreto-Lei n.º 7/2013, de 22 de janeiro
- [26] C. Gaspar, “Eficiência Energética na Indústria”, ADENE
- [27] EVO 10000-1:2010, Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance, Setembro de 2010
- [28] T. B. Soeiro, C. A. Petry, A. J. Perin, “Estabilizadores de tensão alternada do tipo compensadores de tensão”, 2009
- [29] [http://www.iee-library.eu/index.php?option=com\\_jombib&task=showbib&id=564](http://www.iee-library.eu/index.php?option=com_jombib&task=showbib&id=564) (Consultado em 04/08/2013)
- [30] <http://www.abb.pt> (Consultado em 04/08/2013)
- [31] [http://www.adene.pt/pt-pt/form/FormComp/Documents/CMVP\\_02\\_Lx\\_PT.pdf](http://www.adene.pt/pt-pt/form/FormComp/Documents/CMVP_02_Lx_PT.pdf) (Consultado em 10/07/2013)
- [32] <http://www.edp.pt/pt/empresas/servicosenergia/eficienciaenergetica/Pages/AuditoriaEnerg%C3%A9tica.aspx> (Consultado em 18/01/2013)
- [33] Despacho n.º 7253/2010 – Diário da República, 2.ª série – N.º 80 – 26 de abril de 2010
- [34] <http://www.eco.edp.pt/pt/particulares/conhecer/equipamentos-eficientes/lazer-trabalho/computador> (Consultado em 08/05/2012)
- [35] R. Pereira, “Uma nova metodologia para o cálculo do impacto das aplicações de refrigeração residenciais sobre o aquecimento global”, 2010
- [36] “Guia de procedimentos para emissão e registo de DCRs e CEs”, ADENE, Outubro 2011

---

[37] Decreto-Lei n.º 80/2006 de 4 de Abril – Diário da República – I Série-A

[38] V. Freitas, A. Guimarães, C. Ferreira, S. Alves, “Edifícios Existentes – Medidas de Melhoria de Desempenho Energético e da Qualidade do Ar Interior”, ADENE – Agência para a Energia, Março 2011